

95-99

第4卷第5期

1996年10月

光学 精密工程

OPTICS AND PRECISION ENGINEERING

Vol. 4, No. 5

October, 1996

点阵信息判读技术研究

宋春涛 周仁魁

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

TN941.1

A 摘要 论述了一种判读点阵信息的新技术,其特点在于采用面阵 CCD 采集点图像,并将图像处理技术应用于点阵信息判读。该方法具有判读准确性高、速度快、通用性强和性能价格比高等特点。本文首先讲述了点阵信息判读系统的原理,然后重点讨论了点阵信息判读技术,最后分析了提高判读准确性的方法。

关键词:点阵信息;胶片判读;CCD;图像处理

(16)

1 引言

胶片点阵记录了靶场外弹道实验中摄影机视轴的方位角、俯仰角、拍摄时间、频率等信息。点阵中不同位置的码点代表不同的含义,点阵判读的目的就是识别点阵的每个点阵的每个位置上是否存在码点,然后按点阵编码的排列格式译码,得到点阵信息。

传统的点阵信息判读方法主要有棱镜扫描法、阵列接收法和飞点扫描法。棱镜扫描法是通过一个十六面旋转棱镜,依次将点阵码成像到一系列光电二极管上;阵列接收法直接将点阵成像到与其排列方式相同的光电二极管阵列上,这两种方法都存在通用性差、误码率高等问题。飞点扫描采用飞点窗口扫描读取点阵信息,性能价格比低。本文提出的 CCD 点阵信息判读技术克服上述方法的诸缺点,提高了点阵信息判读的水平。

2 CCD 点阵信息判读系统

点阵信息判读系统如图 1 所示,胶片被照明系统发出的光线均匀照亮后,由摄影物镜成像

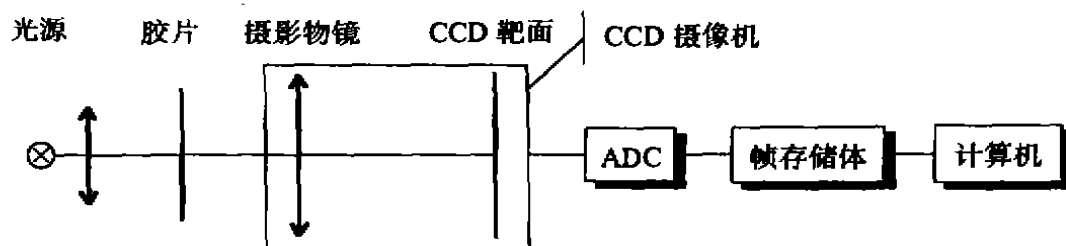


图 1 点阵信息判读系统

收稿日期:1996年8月1日

到 CCD 靶面上,经光电转换和模/数转换后存入帧存储体,由软件进行图像处理。

点阵图像能被计算机识别,必须具备两个条件:

- 点阵码与背景有一定的灰度差
- 点阵码占足够数目的象元

设 dA_0 为胶片上的小面元,它的像为 CCD 靶面的小面元 dA_I ,则 dA_I 接收到的光通量为:

$$d\varphi_I = \frac{\pi}{4} \times kL \left(\frac{D}{f}\right)^2 \cos^2 \alpha dA_I \quad (1)$$

式中: k 为系统的透过率, L 为 dA_0 的亮度, α 为 dA_I 的视场角, D/f 为光学系统相对孔径。采用均匀光线照明,胶片的面发光强度为:

$$M_{RH} = L \times \pi \times \sin^2 U \quad (2)$$

其中 U 为摄影物镜的物方孔径角,为了方便讨论,记: $M = L \times \pi$

设 E_0 为照明系统入射光的强度, D 为胶片的光密度,则 CCD 光敏元接收的光通量为:

$$d\varphi_I = \frac{1}{4} \times k \frac{E_0}{e^D} \left(\frac{D}{f}\right)^2 \times \cos^2 \alpha \times dA_I \quad (3)$$

靶面照度为:

$$E = \frac{1}{4} \times k \frac{E_0}{e^D} \left(\frac{D}{f}\right)^2 \times \cos^2 \alpha \quad (4)$$

胶片各组成部分的光密度不同,其中码点的光密度 $D \geq 1.3$,码点背景的光密度 $D \leq 0.5$,代入公式(4)得,码点的灰度小于背景灰度的 45%。

摄影物镜的放大倍率为: $\beta = 1/4.8$ 倍,160 胶片的码点尺寸为 $0.3 \times 0.5 \text{ mm}^2$,成在 CCD 靶面上约占 6×11 个光敏元,在数字图像中占 5×11 个像元。

图像处理软件完全可以区别出大小为 5×11 个像元,且灰度与背景有明显差别的点阵码。

3 点阵信息判读技术

3.1 判读阈值的计算方法

按照点阵图像的灰度特征,选到门限 T ,将图像中的所有像元分为两类,灰度值小于 T 的像元为码点像元,灰度值大于 T 的像元为背景像元。

根据点阵图像的统计特征,我们采用最小错误概率法来计算最佳门限。

最小错误概率的原理。设对象物和背景的灰度分布概率密度分别为 $P_0(z)$ 和 $P_b(z)$,对象物占总区域的面积比例为 t ,则总灰度分布的概率密度为:

$$P(z) = tP_0(z) + (1-t)p_b(z) \quad (5)$$

若采用阈值 T 将对象物和背景分开,设背景亮于对象物,则把背景象元错划为对象物的概率为:

$$P_b(T) = \int_0^T p_b(z) dz \quad (6)$$

将对象物象元错判背景的概率为:

$$P_0(T) = \int_T^\infty p_0(z) dz \quad (7)$$

总的错判概率为

$$P(T) = t \int_T^{\infty} p_0(z) dz + (1-t) \int_0^T p_b(z) dz \quad (8)$$

使 $p(T)$ 为最小值的 T 便是最佳阈值。对上式求导, 令其为零, 得:

$$t p_0(T) = (1-t) p_b(T) \quad (9)$$

解此方程, 便可得到 T 的值。

根据上述原理, 在点阵判读中的实际做法是采用概率积分法, 统计图像的灰度直方图, 从最低灰度级开始, 累加直方图, 直到累加值大于码点的面积为止, 此时对应的灰度级即为判读阈值 T 。

3.2 点阵图像的认识方法

3.2.1 点阵图像的认识特征

地址码的认识特征。地址码的每个位置上均存在的码点, 它包含的码点个数最多, 故包含的码点象元的个数也最多。

码点的认识特征。如果判读的位置上存在码点, 它必须具备以下三个条件:

- 码点的灰度。码点的灰度值应介于 0 和阈值 T 之间。
- 码点的大小。虽然点阵码点的大小不一, 但它们都在一定的数值范围内变化。
- 码点的位置。码点只存在于确定的位置 (X, Y) 附近。

3.2.2 点阵图像的认识方法

以 160 电影经纬仪胶片为例来说明点阵图像的认识过程, 其点阵图像见图 2。

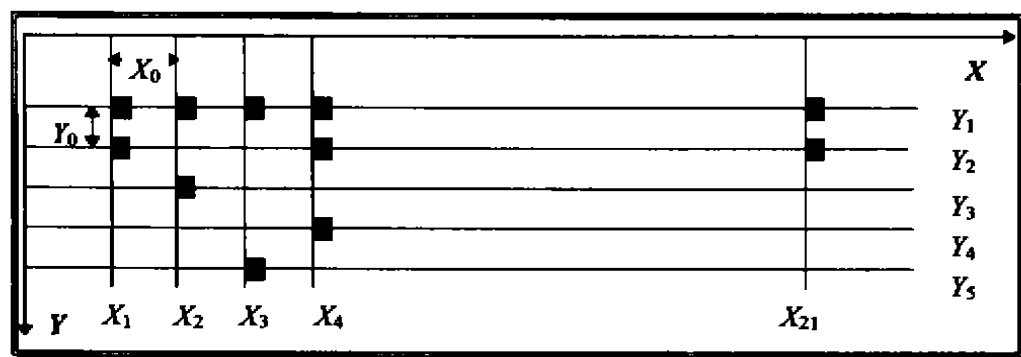


图 2 160 电影经纬仪胶片的点阵图像

确定地址码的纵坐标 Y_1 及第一个地址码点的横坐标 X_1 。从上到下扫描点阵图像, 记录每一行包含的码点象元的个数, 将含有码点象元总数最多的一行看作是地址码, 它的纵坐标作为 Y_1 。

从左到右搜索 Y_1 行, 根据码点的认识特征, 得到第一个码点的横坐标 X_1 。

确定点阵中各码点的坐标 (X, Y) 。我们在搜索点阵图像时, 采用了理论预测和实际搜索相结合的方法。

码点坐标的理论值为:

$$Y_{j+1} = Y_j + Y_0 \quad j = 1 \sim 4$$

$$X_{i+1} = X_i + X_0 \quad i = 1 \sim 20$$

式中 Y_1 为地址码的纵坐标, X_1 为地址码第一个码点的横坐标, X_0 、 Y_0 分别为点阵在 X 、 Y 方向码点间距。

实际搜索范围为:

$$Y_j \pm \epsilon \quad j = 2 \sim 5, \epsilon \text{ 是正整数}$$

从上到下扫描, 搜索含码点象元个数最多的一行, 将它的坐标作为 $Y_j (j = 2 \sim 5)$ 的实际值。

$$X_i \pm \epsilon \quad j = 2 \sim 21, \epsilon \text{ 是正整数}$$

从左到右搜索, 根据码点的识别特征, 当搜索到码点后将其横坐标作为 $X_i (i = 2 \sim 21)$ 的实际值。

点阵各行码点的横坐标都相同, 这样就得到了所有码点的坐标 $(X_i, Y_j) (i = 1, 2, \dots, 21, j = 1, 2, \dots, 5)$ 。

码点识别。在每一对码点坐标 $(X_i, Y_j) (i = 1, 2, \dots, 21, j = 1, 2, \dots, 5)$ 附近搜索, 根据码点的识别特征, 判断每个位置上是否存在码点, 并记录结果, 如果存在码点, 则记作“1”; 反之, 则记作“0”。

译码。按照点阵的编码格式翻译记录的结果, 得到点阵信息。

4 点阵判读的准确性

4.1 影响判读准确性的因素

光学系统。光学系统照明的不均匀性使视场边缘的照度低于中心的照度, 严重时边缘的照度仅为中心照度的 20%。光源的亮度可以调节, 调节范围为 100 倍, 当采用不同的光源亮度时, 图像的灰度分布发生平移。光学元件表面的灰尘或其它污物通过光学系统成像, 在点阵图像中形成斑点或灰雾。

胶片。胶片缺陷是造成误码的主要原因。

图像采集系统。图像的灰度分布、码点与背景间的对比度、CCD 光敏元的均匀性和 A/D 转换精度等都影响判读的准确性。

4.2 提高判读准确性的方法

4.2.1 对系统的要求

光学元件表面清洁; 胶片各组成部分的光密度符合规定标准; CCD 光敏元的均匀性好、A/D 转换精度高; 预处理 CCD 视频信号, 将图像的灰度分布调节到合适的范围内。

4.2.2 软件处理方法

好的判读方法应能弥补系统的不足, 最大限度地降低误码率。判读阈值的选取和对胶片缺陷的容错能力是决定判读准确性的关键因素。

判读阈值。我们采用了智能化的阈值选取方法, 阈值根据图像的灰度分布自适应调整。

- 对视场边缘的低照度区域采用局部自适应阈值, 根据判读区域的灰度均值, 计算出局部判读阈值。

- 根据视场内的照度情况自适应调整判读阈值, 其计算依据为码点面积的不变性, 即无论光源的亮度怎样改变, 码点面积与背景面积的比例不变。

对胶片缺陷的处理方法。胶片的缺陷包括码点残缺、误斑、点间灰雾和胶片划痕。针对其中和各种情况, 我们分别采取了相应的处理方法。

· 码点残缺是指码点缺了一部分,使它比正常码点的尺寸小。用码点中心的坐标确定码点位置,并在判读时进行搜索,只要码点中心的区域不残缺,就可识别。

· 误斑是指点阵图像上非码点的斑点,有的误斑出现在码点的位置上,有的在码点之间。采用跳跃搜索的方法,消除了码点间误斑的影响;对于处在码点位置上的误斑,如果它的尺寸大于或小于正常的码点,可根据形状排除。

· 点间灰雾是指在胶片的冲洗过程中形成的灰雾,出现码点间的背景上,不在跳跃搜索的范围内,故不造成误码。

· 胶片上的划痕使数字点阵图像中出现灰度突变,它产生的噪声脉冲宽度较窄,用中值滤波平滑后可以识别码点。

5 特 点

CCD 点阵信息判读技术具有很多优点:

· 通用性强。它可以判读任何高速摄影胶片和电影电影经纬仪胶片的点阵,只要输入点阵的特征参数和编码格式,就可以判读。

· 准确性高。误码率低于 1/1000,而一般判读仪的误码率为 1/300。

· 速度快。221 高速摄影测量仪胶片的判读速度大于 5 帧/秒,其中用于点阵判读时间小于 40 ms,而一般判读仪的点阵判读时间大约为 500 ms。

CCD 点阵信息判读技术已应用于工程,并多次成功地执行判读任务,得到了用户的好评。采用先进的面阵 CCD 图像处理技术,简化了判读仪的光学系统,提高了可靠性,点阵码的自动读取适应性大为增强,不仅可以判读各种规格的点阵码形,而且大大提高了判读准确率。

参 考 文 献

- [1] Daninel Ramer and Paul Little, Precision Software-Based Image Analysis System. Proc. SPIE, 1992, 1700: 229-235
- [2] 杨宜禾,周维真,成像跟踪技术导论. 西安:西安电子科技大学出版社,1991:29-107
- [3] 徐建华,图像处理与分析. 北京:科学出版社,1992:76-82

Study of Reading Method for Dot Pattern Information

Song Chuntao, Zhou Renkui

(Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica, Xi'an 710068)

Abstract

This paper discusses a new method to read the dot pattern information which uses CCD matrix camera to acquire image and adopts the analyzing methods of digital image-processing techniques. This method can be used to read the dot pattern information of any kind of high-speed photograph and cine theodolite film accurately and quickly. More over the reading system has a high cost performance ratio. In this paper the working principle of the CCD dot pattern information reading system is analyzed first, and then the processing method of dot pattern image is discussed in detail, at last the method to improve reading accuracy is listed.

Key words: Dot pattern information, Film analyzer, CCD, Image process

宋春涛 女,1973年4月生于河北省,1989—1993年就读于天津大学精密仪器工程系光学仪器专业,毕业后免试推荐攻读硕士研究生,1993年至今于中科院西安光机所攻读硕士学位和博士学位,研究方向为光电信息处理。