

[文章编号] 1009-1300(2010)01-0053-04

# 光电经纬仪测量图像增强方法

李桂芝

(92941部队, 辽宁 葫芦岛 125000)

[摘要] 针对光电经纬仪测量图像处理的具体要求, 依据测量图像中目标定位精度取决于目标边缘成像效果的原理, 提出了一种新的测量图像增强方法. 利用图像灰度均衡化和规定化技术, 根据目标图像边界的灰度变化范围, 建立了非均匀分布直方图, 实现了测量图像的增强. 实验证明: 该方法突出了目标图像边界区域的细节, 提高了目标图像的定位能力, 同时, 使整幅图像达到了较高的均匀性和对比度.

[关键词] 测量图像; 图像增强; 直方图; 均衡化; 规定化

[中图分类号] TJ391.4

[文献标识码] A

## Images Enhancement Method of Photoelectric Theodolite Measure

Li Guizhi

(Unit 92941 of PLA, Huludao Liaoning 125000, China)

Abstract: A new method of images enhancement is adopted to satisfy the requirement for the photoelectric theodolite images processing that according to the principle of positioning precision depends on the imaging effect of the target edge a uneven distribution histogram is established to make the images enhancement in terms of the gray degree varying range of the target image edge and the equalizing and standardizing technique of image gray degree is used. The results of experiment show that this method stresses the details of the image edge area and improves the positioning ability of the target images. Meanwhile the high uniformity and contrast of the whole image are gained.

Keywords: measurement images; images enhancement; histogram; equalization; specification

## 1 引言

光电经纬仪测量过程中, 测量角度跟随运动目标变化, 进入测量镜头的光通量也不断变化, 导致测量图像亮度不均; 并且灰度值较大的像素大多集中于背景区域, 目标区域图像不清晰, 目标图像边缘模糊, 图像成像质量较差. 无论是人工判读还是自动判读都是通过分析目标的边缘来确定目标的位

置. 目标边缘不清晰产生目标位置的定位误差<sup>[1]</sup>, 因此, 如何清晰化目标边缘是经纬仪测量图像预处理的关键问题.

目前, 一般采用直方图变换方法对图像进行均衡化处理, 以便改善目标图像的视觉效果. 但是, 这种方法往往在均衡过程中, 将占比例很小的图像边缘像素均衡掉, 使本来弱小的图像边缘更加弱小, 虽然此种方法使整个图像灰度均衡了, 视觉效果也提高了, 但目标图像的边缘却丢掉了大量信

[作者简介] 李桂芝, 高级工程师.

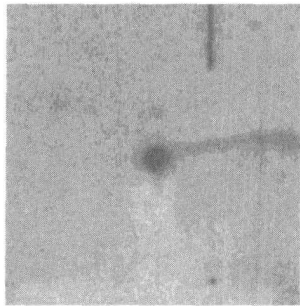
[收稿日期] 2008-11-16

息, 严重影响了目标的测量精度.

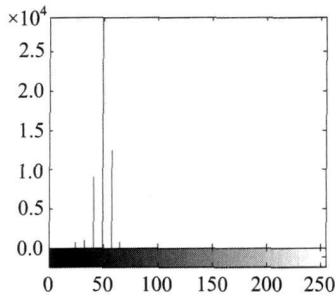
本文结合经纬仪测量图像的具体情况, 提出了一种新的图像增强方法, 根据图像边缘的灰度范围, 修改直方图均衡变换曲线, 提高测量图像目标边缘的均衡灰度级, 使目标边缘附近的灰度层次拉大, 从而提高图像的增强效果.

## 2 传统增强方法

由于海面气象条件的复杂, 直接影响到图像的成像效果, 往往造成测量图像曝光不足或曝光过度, 使图像灰度局限在一个很小的范围内. 导致测量图像模糊不清、没有灰度层次, 如图 1(a)所示.



(a) 测量图像



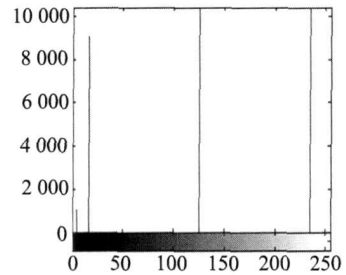
(b) 图像直方图

图 1 原始测量图像

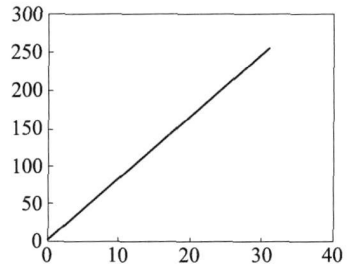
为了分析此图像, 一般方法是建立图像灰度直方图, 将图像中每一个灰度值对应的像素统计出来. 灰度数值为横坐标, 对应的像素数为纵坐标, 以便反映图像中每一灰度值与其出现频率之间的统计关系. 此图的直方图如图 2(a)所示, 从图中可以看出图像的灰度分布特征, 绝大多数灰度级都集中

在 30~80 之间, 大多数像素灰度值取在较暗的区域, 整幅图像较暗, 对比度不强, 分布极不均匀, 分析目标边界极其困难.

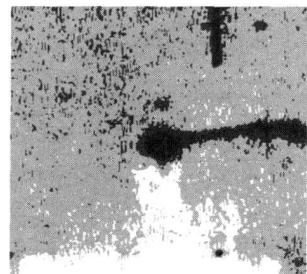
对此图像进行增强的最常规方法就是直方图均衡<sup>[2]</sup>, 为使图像清晰, 合乎逻辑的想法是把灰度级分布拉开, 使灰度层次分明, 这相当于增大了图像的对比度. 直方图均衡处理的目的是使处理后的图像直方图尽可能地平直, 即各灰度级具有相同的出现频数, 使图像各灰度级达到均匀的概率分布, 图像看起来更清晰, 如图 2(c)所示, 其变换曲线如图 2(b)所示.



(a) 图像直方图



(b) 图像变换曲线



(c) 测量图像

图 2 测量图像均衡化

这种方法虽然处理后图像的动态范围大大扩展了,但是,变换后图像的灰度级却减小了,这就是所谓“简并”现象<sup>[3,4]</sup>,即全局直方图均衡是以减少图像的灰度等级为代价,以换取对比度的提高.原来直方图上频数较小的灰度级仍归很少几个或一个灰度级内.对于经纬仪图像来说,往往目标区域较小,此灰度级所占像素也比较少,在处理时往往被合并,即被“简并”,而经纬仪测量图像主要是对目标区域进行处理,是不允许丢失目标灰度的任何信息.因此,为了克服常规直方图均衡化的局限,即图像某些区域对比度提高的同时,其它区域对比度下降的缺点,必须设计新的经纬仪测量图像增强方法.

### 3 新算法的设计

#### 3.1 算法原理

测量图像的基本特征可以通过灰度直方图反映出来,也可以利用直方图修正的方法来调整图像的灰度分布,使图像细节更丰富、更清晰,达到增强的目的<sup>[5]</sup>.本文根据测量图像的结构,依据判读的要求,在直方图均衡化和规格化技术的基础上,提出了一种经纬仪测量图像增强方法.即根据目标边缘的灰度分布情况,人为修改直方图形状,使之与期望的形状相匹配,然后,采用此直方图对图像进行增强,这就是本方法的基本思想.

由于测量图像主要是通过目标的边界确定目标位置,因此,测量图像处理主要关心边界区域.所以,本文首先估计边界区域的灰度阈值,在此阈值附近范围尽可能的扩大灰度值,构造期望直方图形状,利用此期望直方图对灰度图像进行均衡化.因此,采用以下步骤进行增强:

- (1)估计测量图像的目标边界灰度阈值  $l_1$
- (2)以较低的灰度级建立直方图,级数为  $u$
- (3)在直方图中寻找与  $l_1$  最接近的灰度级别  $l_k$ ;
- (4)在灰度范围内寻找与此灰度级别上下限相邻的两个灰度级别  $l_k$  与  $l_{k+1}$ , 其中,  $l_k < l_1 < l_{k+1}$ ;
- (5)建立新直方图的灰度级别  $l_i$ , 其中,  $i = 0, 1, 2, \dots, l_k - 1, l_{k+1}$ , 当然,  $l_1$  可以逐个灰度取值,也可以采用高斯分布的方式取值;
- (6)将新建好的灰度级别加入原直方图中,构

成新的直方图序列,  $l_1, l_{k+1}, l_{k+2}, \dots, l_k, \dots, l_{k-2}, l_{k-1}, l_k$ ;

(7)利用此直方图对测量图像进行规范化.

#### 3.2 目标边界灰度阈值的估计

从上面的论述中可以看出,本算法的一个关键问题是目标边界灰度阈值的估计  $l = 43$ . 阈值估计的准确与否将直接影响图像的增强效果.由于一般经纬仪用于对较远的目标进行测量,因此,虽然测量图像目标与背景的边界梯度较小,比较模糊,但是,目标与背景的平均灰度相差比较大.因此,本文采用最大类间方差算法(Otsu)<sup>[6]</sup>求取图像的二值化阈值.基本思路是:选取最佳阈值,使得不同类间的分离性最好.该判决准则基于灰度直方图的一阶统计特性,运算速度快,其原理为:

设图像  $f$  中灰度值为  $i$  的像素的数目是  $n_i$ , 图像的灰度等级为  $L$ , 则总像素数为:  $N = \sum_{i=1}^L n_i$ , 各灰度出现的概率为:  $P_i = \frac{n_i}{N}$ .

设以灰度  $k$  为门限将图像分成两个区域,灰度为  $1 \sim k$  的像素属于前景区域,记为  $A$ , 灰度为  $k+1 \sim L$  的像素属于背景区域,记为  $B$ , 则区域  $A$  和区域  $B$  的概率分别为:  $\omega_A = \sum_{i=1}^k P_i$ ,  $\omega_B = \sum_{i=k+1}^L P_i$ , 定义区域  $A$  和区域  $B$  的平均灰度为:  $\mu_A = \frac{1}{\omega_A} \sum_{i=1}^k (i \times P_i)$ ,  $\mu_B = \frac{1}{\omega_B} \sum_{i=k+1}^L (i \times P_i)$ , 则,  $\mu = \sum_{i=1}^L (i \times P_i) = \omega_A \mu_A + \omega_B \mu_B$ , 其中,  $\mu$  为整幅图像  $f$  的平均灰度,则前景区域  $A$  和背景区域  $B$  的类间方差为:

$$\sigma^2 = \omega_A (\mu_A - \mu)^2 + \omega_B (\mu_B - \mu)^2 = \frac{[\mu\omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \quad (1)$$

按照最大类间方差准则,从  $1$  至  $L$  改变  $k$  并计算类间方差  $\sigma^2$ ,使上式最大的  $k$  即是图像的灰度阈值.

### 4 算法实验

本文采用一幅 8 位灰度图像进行实验,通过最大类间方差算法估计出目标边界灰度的阈值为  $l = 43$ . 考虑到图像的灰度级为 255, 因此,图像建立的

直方图为 32 级灰度, 如表 1 所示.

表 1 原始图像 32 级灰度直方图

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
灰度	0	8	16	24	32	41	49	57	65	74	82	90	98	106	115	123
级数	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
灰度	131	139	148	156	164	172	180	189	197	205	213	222	230	238	246	255

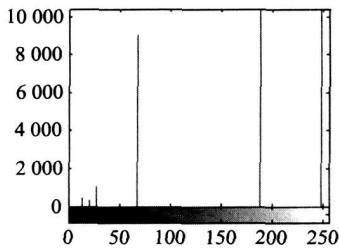
通过搜索后, 发现第 6 级直方图的灰度与 43 最接近, 将第 5 级和第 7 级之间的灰度范围按每个灰度级别作为一个灰度直方图级别的方式. 将新建

的灰度级别插入到原直方图第 6 级位置, 构成新的直方图, 如表 2 所示.

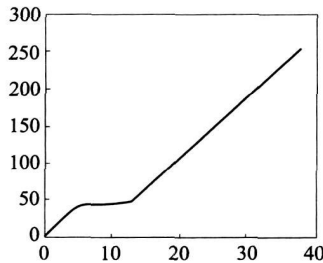
表 2 新方法构造的灰度直方图

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
灰度	0	8	16	24	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
级数	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
灰度	44	45	46	47	48	49	57	65	74	82	90	98	106	115	123	131
级数	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	
灰度	139	148	156	164	172	180	189	197	205	213	222	230	238	246	255	

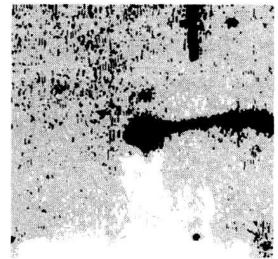
利用此直方图对原图像进行规范化, 增强效果如图 3 所示:



(a) 图像直方图



(b) 图像变换曲线



(c) 测量图像

图 3 新方法的图像增强效果

增强效果图 3(c) 所示, 从图中可以清晰地看到: 图像中曳光边缘已经明显的分出了层次, 与图 2(c) 相比曳光边缘信息更加丰富, 有利于曳光边缘的分析. 此图像的直方图如图 3(a) 所示, 发现曳光边缘附近 56 级灰度处所占像素明显增多, 其变换曲线如图 3(b) 所示, 可以看出曳光边缘的变化范围明显增宽. 虽然此时图像有一定的变化, 但是, 对于测量图像来说, 仅仅关心目标边缘的确切位置, 因此, 此方法对于经纬仪测量图像的增强效果

是很明显的.

## 5 结束语

本文在运用图像直方图均衡化和规范化原理的基础上, 按照光学测量图像的特性, 设计了光电经纬仪测量图像增强方法, 增强了目标和背景的对比度, 保证了目标图像边缘像素不丢失, 突出了目标区域的细节, 提高了目标识别能力. 该方法与边界区域所占像素灰度的范围有关, (下转第 94 页)

## 4 雷达站数据插值对齐

按照上述方法对三个制导站的雷达数据进行时间修正得到修正后的三组雷达数据  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), T_i, RD_k\}$ , 其中  $RD_k$  表示编号为  $k$  的雷达,  $T_i$  为小数。

为提高误差分析的精度, 我们选择某站某段航迹作为基准时间序列的原则是: 该站的设备状态是组网内所有雷达站中最好的, 该段航迹也比较平滑。

假设选定站 1 的一段航迹数据  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), T_i, RD_1\}$  作为基准序列, 则需作以下插值处理:

(1) 把  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), T_i, RD_1\}$  插值成  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), t_i, RD_1\}$ , 此序列中的  $t_i$  与原始录取数据中  $t_i$  一一对应相等, 但对应的  $(R_i, \alpha_i, \beta_i)$  是插值计算出的, 与原数据相比减小了误差。

(2) 将站 2 的  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), T_i, RD_2\}$  和站 3 的  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), T_i, RD_3\}$  按照站 1 的时间  $t_i$  插值成序列  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), t_i, RD_2\}$  和  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), t_i, RD_3\}$ 。

(3) 将 GPS 的  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), T_i, GPS\}$  按照站 1 的时间  $t_i$  插值成序列  $\{(R_i, \alpha_i, \beta_i), t_i, GPS\}$ 。

上述的插值全部采用抛物线插值<sup>[21]</sup>方法, 先确定最靠近插值点  $t$  的节点, 原则是: 如果  $t_k < t < t_{k+1}$ , 则当时  $|t_k - t| \geq |t - t_{k+1}|$  时取三个节点为  $t_k, t_{k+1}, t_{k+2}$ , 而当  $|t_k - t| < |t - t_{k+1}|$  时取三个节点为  $t_{k-1}, t_k, t_{k+1}$ , 然后用抛物线插值公式

$$z = \sum_{i=m}^{m+2} y_i \prod_{\substack{j=m \\ j \neq i}}^{m+2} [(t - t_j) / (t_i - t_j)]$$

(上接第 56 页)

随着经纬仪测量图像灰度级位数越来越高, 边界区域像素所占灰度级别增多, 该方法的效果将更显著。

### 参考文献

- [1] Tumblin J, Hodgins JK. Two methods for display of high contrast image[J]. ACM Transactions on Graphics 1999, 18(1): 56~94.
- [2] Cheng H D, Xue M, Shi X J. Contrast enhancement based on a Novel homogeneity measurement[J]. Pattern Recogni-



图 2 时间对准处理过程流程图

计算  $t$  点的值。

综上所述, 时间对准的处理过程可用图 2 所示。

## 5 结束语

经过上述对雷达站数据的时间修正和插值对齐, 保证了各雷达能在同一时刻对同一目标提供较为精确的观测数据, 较好地解决了制导雷达组网中各站数据的时间对准难题与试验阶段的模型验证问题, 而且直接推广应用到产品系统中。

### 参考文献

- [1] 杨静宇, 刘雷健, 邬永革, 等编著. 战场数据融合技术[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1994.
- [2] 何渝. 计算机常用数值算法与程序(C++版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [3] 阮秋奇. 数字图像处理学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [4] 章毓晋. 图像处理和分折[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [5] Zhu H, Chan F, Lam F K. Image contrast enhancement by constrained local histogram equalization[J]. Computer Vision and Image Understanding 1999, 73(2): 281-290.
- [6] Otsu N. A Threshold Selection Method from gray-level histogram[J]. IEEE Trans SMC. 1979, Vol 9(1): 62-66.