

文章编号: 1672-8785(2008)01-0020-04

红外测量图像判读精度检测方法

李晓冰, 杨荣芳, 段一萍

(辽宁葫芦岛市 92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘 要: 针对红外测量图像判读精度无法检测的问题, 本文根据亚像素细分原理, 提出了一种利用仿真图像检测判读精度的方法。采用典型目标的随机叠加仿真了红外测量图像的背景; 利用整像图像确定了目标的位置; 通过仿真图像的亚像素插值和噪声模拟, 实现了红外测量图像的仿真。利用已知目标点的判读实现了红外测量图像判读精度的检测。

关键词: 红外图像; 判读精度; 检测; 仿真; 亚像素

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A

A Method for Detecting Interpretation Precision of Infrared Measurement Images

LI Xiao-bing, YANG Rong-fang, DUAN Yi-ping

(PLA Unit. 92941, Huludao, Liaoning Province, Huludao 125000, China)

Abstract: In order to solve the problem that the interpretation precision of infrared measurement images can not be detected, a precision detection method using simulation images is presented according to the principle of sub-pixel subdivision. The background of an infrared measurement image is simulated by using the random superimposition of typical targets. The position of the target is determined by using a full frame of image. The simulation of the infrared measurement image is achieved through the sub-pixel interpolation of the image and noise simulation. Finally, the detection of the interpretation precision of the infrared measurement image is achieved through the interpretation of the known target points.

Key words: image interpretation; interpretation precision; detection; simulation; sub-pixel

1 引言

由于亚像素细分技术在图像判读中的广泛应用, 给判读精度的检测带来了很大的困难。以往对判读精度的检测基本上是采用腐化网格板的方式进行的, 但是, 红外图像显然无法加装网格板。曾经采用在平行光管上加网格板, 利用经纬仪进行拍摄, 然后对图像中网格交点进行判读的方法进行过检测。此种方法虽然可大致反映判读的精度, 也被大多数判读系统所采用, 但

显然这种方法也将经纬仪系统的误差包含在内了, 因此, 具有较大的误差。

测量图像的判读精度之所以无法检测是因为没有标准的检测图像, 也就是无法确定判读前目标区域的准确位置, 尤其是亚像素级位置。因此, 本文首先在背景图像的确定位置上建立仿真目标图像。然后, 对仿真图像进行亚像素插值, 并叠加噪声生成接近真实效果的仿真图像。其次, 对仿真图像进行降维, 使仿真图像达到预期的大小和分辨率。最后, 对仿真图像目标进行

收稿日期: 2007-09-03

作者简介: 李晓冰 (1967—), 男, 河北南官人, 高级工程师, 工学硕士, 主要研究方向为光学测量数据处理, 曾获军队科技进步三等奖 4 项, 发表学术论文 10 余篇。

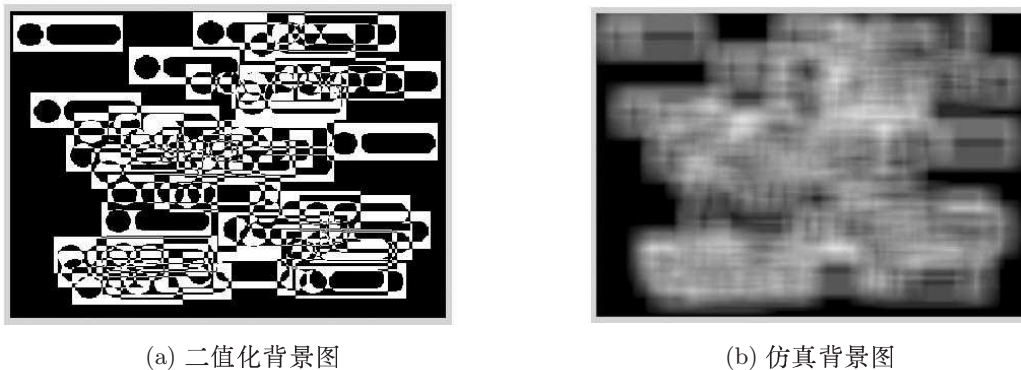


图 1 仿真背景图像生成过程

判读, 从而检测出判读系统的判读精度^[1]。

2 仿真图像背景的生成

由于测量图像处于海天背景下, 在复杂的海面背景中, 移动的海面及连绵起伏的波浪反光, 会使得红外图像的信噪比和对比度等信息随着浪高、距离和太阳的位置的不同而不断发生变化^[2]。因此测量图像背景的复杂程度对目标识别的影响很大, 另外, 灰度的不均匀、与目标的相似区域和目标与背景交界处的灰度缓变也都会对目标识别产生较大的影响。因此, 背景的仿真必须考虑这些因素。由于在这些因素中与目标相似的区域对目标的识别影响最大, 所以, 本文采用将多个目标层叠平滑的方法建立仿真背景图。

对运动目标分析后可以发现, 在目标距经纬仪较近时, 一般成像为椭圆形, 当目标距离经纬仪较远时, 一般成像为圆形。因此, 本文采用圆形和椭圆形目标不断层叠的方法建立二值化背景图。这样, 建立的背景图既可以模拟类似目标的区域, 又具有一定的随机性, 其二值化背景图如图 1(a) 所示。为了进一步模拟灰度的缓变, 必须对图像进行平滑, 其平滑结果如图 1(b) 所示。

3 基于整像素位置的目标图像

为了建立测量图像的确切位置的目标图像, 必须在某一整像素位置处建立目标区域。针对空中飞行目标的特性, 本文将目标区域分为椭圆形和圆形, 分别代表飞行距离由近至远所形成的目标图像。其形成的理想目标图像示意

图如图 2 所示。

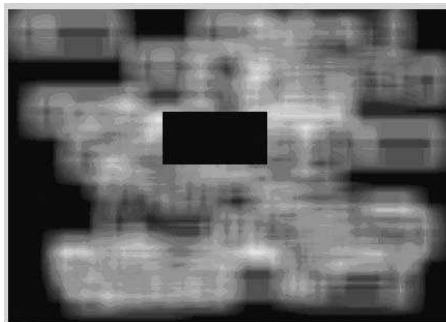


图 2 整像素目标的仿真图像

4 图像的平滑

从图 2 中可以看到, 此时目标的位置虽然可以确定, 但显然目标与背景的边界过于理想, 不能真实反映经纬仪图像的真实成像情况, 因此必须对边界进行平滑处理。本文是采用均值滤波的方法进行平滑处理的。均值滤波是一种空域处理的方法, 均值滤波的过程是使一个窗口在图像上滑动, 窗中心位置的值用窗内各点值的平均值来代替。这种方法的基本思想是用几个像素灰度的平均值来代替一个像素的灰度。假定一幅 $l \times l$ 个像素的仿真图像 $f(x, y)$, 平滑处理后得到一幅仿真图像 $g(x, y)$, $g(x, y)$ 由式 (1) 决定:

$$g(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(m, n) \in S} f(m, n) \quad (1)$$

式中, $x, y = 0, 1, 2, \dots, l-1$; S 是 (x, y) 点邻域中点坐标的集合, M 是集合内坐标的总数。式 (1) 说明, 平滑化图像 $g(x, y)$ 中的每个像素的灰度值均由包含在 (x, y) 的预定邻域中的 $f(x, y)$ 的

几个像素的灰度值的平均值来确定。为了使图像边界变得模糊,应当将模板取得足够大。由于此时目标和背景区域都为固定灰度值,因此可直接进行平滑,但平滑模板的大小须根据图像区域进行调整,一般不大于目标区域最小宽度的二分之一。经过平滑后的图像如图 3 所示。

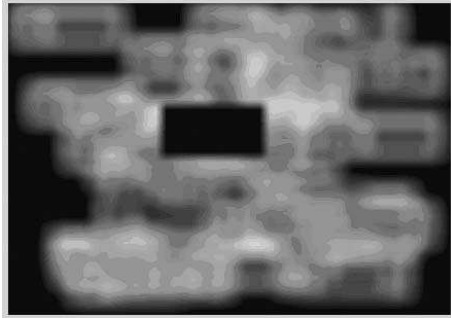


图 3 平滑目标的仿真图像

5 基于亚像素位置的目标图像

5.1 仿真图像的插值

目前的判读系统一般都达到亚像素级精度,因此,为了检测判读精度,必须对仿真图像进行插值。由于仿真图像对检测精度有较高的要求,所以,本文采用了具有较高插值精度的形状灰度图像插值算法。此方法是由 Grevera G J^[3-5]提出的,由于这种算法是将物体的形状信息与灰度信息结合起来考虑的,因而能得到满意的插值结果。它主要采用数学形态学中的膨胀和腐蚀,在两幅原始图像之间求出一系列渐变的插值图像。已知两幅断层图像 $V(x_i, y_j, z_k)$ 和 $V(x_i, y_j, z_{k+1})$ 上每种密度物质的轮廓,这里分别用 C_k^i 和 C_{k+1}^i 表示不同密度物质区域的边界。对于位于图像 $V(x_i, y_j, z_k)$ 某个轮廓上的任意点 (x_i, y_j, z_k) 即 $(x_i, y_j, z_k) \in C_k^i$ 来说,对应于图像 $V(x_i, y_j, z_{k+1})$ 上的点 (x_i, y_j, z_{k+1}) 只可能有下面三种情况:

(1) 点 (x_i, y_j, z_{k+1}) 在轮廓 C_{k+1}^i 内,但不在 C_{k+1}^i 上。此时执行 $(x_i, y_j, z_{k+1}) \oplus B$, 其中, \oplus 表示膨胀, B 表示结构算子。

(2) 点 (x_i, y_j, z_{k+1}) 既不在轮廓 C_{k+1}^i 上,也不在轮廓内,即该点和点 (x_i, y_j, z_k) 不属于同一密度物质,此时执行 $(x_i, y_j, z_{k+1}) \ominus B$, 其中 \ominus 表示腐蚀。

(3) 点 (x_i, y_j, z_{k+1}) 在轮廓 C_{k+1}^i 上,即 $(x_i, y_j, z_{k+1}) \in C_{k+1}^i$ 。此时无需任何操作。这样可以求出插值图像 (x_i, y_j, z) 的轮廓,从而得到插值图像,插值效果如图 4 所示。

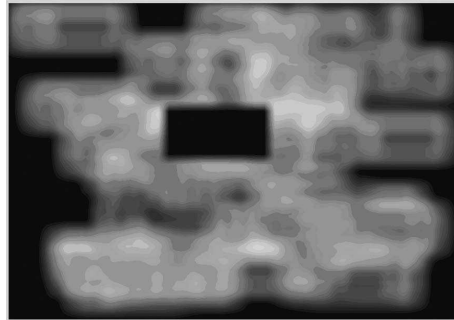


图 4 目标图像的亚像素插值结果

5.2 仿真图像的降质

任何测量图像的质量对定位精度都有决定性的作用,而理想图像的亚像素精度仅仅取决于插值或拟合的精度。因此,为了真实地反映测量图像的质量,必须对测量图像进行降质。对于经纬仪测量图像来说,最大的因素就是噪声,测量图像不可避免地存在着噪声^[6]。为了准确地仿真测量图像,本文认真研究了测量图像的噪声特性,对噪声进行了分类,并提出了相应的仿真方法^[7]。

5.2.1 高斯噪声的仿真

此类噪声是由元器件中的电子随机热运动造成的,主要来源于电子电路噪声和由低照明度或高温带来的传感器噪声,也称为正态噪声,一般常用零均值高斯白噪声作为其模型。它是实践中经常用到的噪声模型。高斯随机变量的概率密度函数(PDF)由下式给出:

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (2)$$

式中, z 表示图像像元的灰度值, μ 表示 z 的期望, σ 表示 z 的标准差。

5.2.2 椒盐噪声的仿真

光电转换过程中的泊松噪声是由光的统计本质和图像传感器中的光电转换过程引起的。在弱光情况下,其影响更为严重。这种噪声主要来源于成像过程中的短暂停留和数据传输中产生的错误。人们常用具有泊松密度分布的随机

变量作为这类噪声的模型。泊松分布噪声一般出现在照度非常小及用高倍电子线路放大的情况下, 因此可以认为泊松噪声就是椒盐噪声。

$$P(z) = \begin{cases} P_a & z = a \\ P_b & z = b \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (3)$$

如果 $b > a$, 灰度值 b 在图像中显示为一亮点, a 值显示为一暗点。如果 p_a 和 p_b 均为零, 在图像上的表现类似于随机分布图像上的胡椒和盐粉微粒。因此, 这种噪声被称为椒盐噪声。当 P_b 为零时, 表现为“盐”噪声; 当 p_b 为零时, 表现为“胡椒”噪声。两种噪声的叠加效果如图 5 所示。

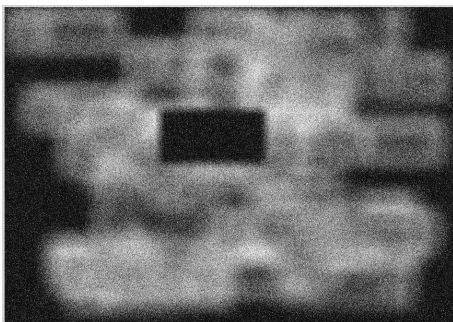


图 5 仿真图像的加噪效果

5.3 仿真图像的降维

经过插值后的图像相对原图像扩大了若干倍, 因此, 必须对图像进行降维处理。本文采用隔若干像素保留一个像素的方法, 将测量图像恢复到原来的分辨率。降维效果如图 6 所示。由于已知目标在整像素的确切位置, 图像插值时已经将图像扩大了 n 倍, 并实现了图像灰度的平缓变化。因此, 图像降维 n 倍后, 其目标位置自然就达到了亚像素精度。

6 判读精度的计算

由图 6 可以看出, 仿真图像的效果接近于真实测量图像, 并具有真实测量图像的目标相似性、目标边缘平缓 and 图像噪声干扰等特性。由于已确定了目标的确切位置, 因此, 判读精度即为判读所得位置与实际位置之差。但是, 判读精度与图像质量关系较为密切, 所以, 实际应用时应

当按图像质量进行分级, 即检测在某种图像质量条件下的判读精度。

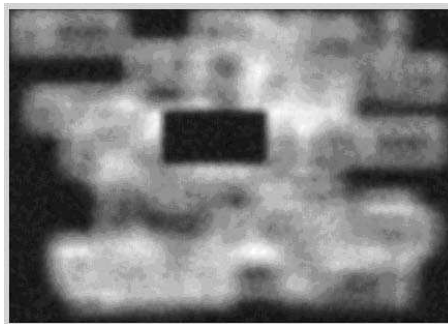


图 6 仿真图像的降维效果

7 结束语

由于采用目标的层叠技术仿真了背景中的相似目标的影响, 用图像的平滑技术仿真了目标边缘灰度的平缓性, 用图像的插值技术实现了目标的亚像素定位, 用噪声叠加技术仿真了图像的成像质量, 从而使仿真图像接近了真实测量图像的效果, 并具备了真实测量图像的特性。因此, 本文通过建立仿真测量图像的方法, 实现了红外测量图像判读精度的亚像素级检测, 从而解决了长期以来判读系统精度无法检测的问题。

参考文献

- [1] 高思莉, 汤心溢. 红外动态场景仿真[J]. 红外, 2004, (12): 11-16.
- [2] 尹辉炳. 红外序列图像中运动小目标的检测[J]. 红外, 2005, (12): 22-24.
- [3] G J Grevera, J K Udupa. Shape-based interpolation of multidimensional grey-level images [J]. IEEE Trans. on Medical Imaging, 1996, 15(6): 881-892.
- [4] G J Grevera, J K Udupa. An objective comparison of 3-D image interpolation methods [J]. IEEE Trans. on Medical Imaging, 1998, 17(4): 642-652.
- [5] G J Grevera, J K Udupa. A Task-specific evaluation of three-dimensional image interpolation techniques [J]. IEEE Trans on Medical Imaging, 1999, 18(2): 137-143.
- [6] 吴军辉, 郜竹香, 张玉竹. 红外成像系统图像空间噪声分析与估计[J]. 红外技术, 2001, 23(3): 19-25.
- [7] 秦志远, 吴冰, 王艳, 等. 图像平滑算法比较研究及改进策略[J]. 测绘学院学报, 2005, 22(2): 103-106.