

文章编号: 1672-8785(2017)10-0037-05

测量图像量化方法研究

李晓冰

(92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘 要: 针对灰度测量图像传统量化方法效率低、变换效果差的问题, 根据长期的红外测量图像处理经验, 依据测量图像的处理要求和不同工作需求, 在充分考虑红外测量图像的灰度分布特性、噪声特点等因素后, 提出了三种灰度测量图像快速量化方法。这些方法具有变换效率高、算法简单、实现容易、计算量小、对图像质量适应性强的特点, 已经在红外图像处理及分析工作中得到了广泛的应用, 取得了良好的效果, 显著提高了红外测量图像的灰度量化的质量。

关键词: 测量图像; 量化; 灰度变换; CamShift; 红外; CCD

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2017.10.007

Research on Quantization Method for Measurement Images

LI Xiao-bing

(Unit 92941, People's Liberation Army of China, Huludao 125000, China)

Abstract: To solve the problem of low efficiency and poor conversion effectiveness of traditional quantization methods for gray scale measurement images, three fast quantization methods for gray scale images are proposed according to the actual processing requirements of measurement images and different operation demands. These methods have the features of high conversion efficiency, simple algorithm, easy implementation, small computation amount and strong adaptability to image quality. They have been widely used in the processing and analysis of infrared images and good effectiveness is achieved. Thus, the gray scale quantization quality of infrared images is improved remarkably.

Key words: measurement image; quantization; gray scale transformation; CamShift; infrared; CCD

0 引言

在测量光学目标轨迹的过程中, 随着光学设备测量角度的改变, 其成像条件会发生很大的变化, 尤其在海面复杂的气象条件下变化更严重。为了提高图像传感器的感应范围, 增强弱小目标的成像能力, 一般都选择感应范围非常宽的传感器, 但这会导致图像灰度的位数很大^[1,2]。其中, 可见光传感器一般采用 12 位, 红外传感器一般采用 14 位。但是, 目前的图像显示和判读

系统一般均采用 windows 操作系统, 在 Windows 操作系统中, 灰度图像最多仅仅能显示 8 位。如何在 Windows 系统中显示超过 8 位的灰度图像? 解决方法是只能将超过 8 位的灰度图像变换为 8 位灰度图像, 即灰度图像的量化。在图像分析中比较常用的是三段灰度变换法^[3-5], 虽然此方法具有变换灵活、图像信息显示完整的优势。但是, 由于此方法需要根据图像对比度反复调整变换点, 导致变换效率很差, 变换点很难

收稿日期: 2017-04-11

作者简介: 李晓冰 (1967-), 男, 河北南宫人, 硕士, 高级工程师, 长期从事测量图像处理方面的研究工作。

E-mail: lxbhld@sohu.com

掌握,目前只能靠视觉反馈进行调整,无标准可言,效率低、效果差。尤其是随着传感器拍摄频率的逐渐提高,每秒数百帧甚至上千帧的拍摄频率已经很常见,图像数据量剧增,采用此方法所带来的弊端更为明显。

本文根据长期的测量图像处理经验,依据测量图像传感器的特点,提出了几种图像量化方法。在测量图像处理工作中得到了充分的应用,取得了良好的显示效果。

1 传统灰度量化方法的局限性

测量图像量化最直接的方法就是求取转换系数: $k = \frac{2^8}{2^{\text{待转换图像的位数}}}$, 然后, 将每一像素的灰度值乘以此系数, 即 $F(x) = kf(x)$ 。但是, 在测量图像中, 由于复杂的成像条件, 图像灰度信息分布极不均衡。对于 CCD 图像, 一般有效信息可占 50%~60%, 而对于红外传感器, 由于较宽的感应范围, 其有效信息非常窄, 如对于 14 位灰度图像, 有效信息范围仅仅占几百个灰度级。如果直接对整个图像进行灰度变换, 则由于有效信息范围过窄, 噪声等无效信息比例增大, 有效信息根本无法显示。而准确检测有效信息的范围实际上相当困难。变换点选择偏向两侧, 则噪声比例较大; 如果偏向中心, 有效信息损失又过大。于是, 三段灰度变换法产生了, 这也是各类教科书常常介绍的方法, 即通过控制界面, 由人眼观察图像的显示质量, 然后人工选择灰度变换点。如图 1 所示, A 和 B 为两个变换点, 通过不断改变 A 和 B 这两个变换点, 使有效信息得到扩展, 噪声得到压缩。当然, 这些调整是完全通过图像显示效果进行的。

光学设备在拍摄过程中, 随着成像条件的变化, 图像灰度分布不断变化, 其对比度也不相同。因此必须不断改变变换点, 效率非常低; 随着拍摄频率的提高, 此方法更难以应用。因此, 此方法对于单帧图像比较适用, 对于序列图像显然就不实用了。

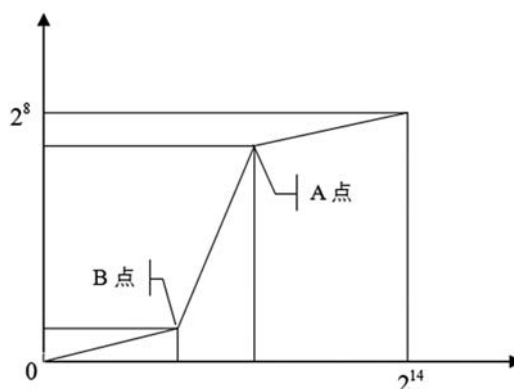


图 1 三段灰度变换法的示意图

2 测量图像快速量化方法

2.1 像素计数量化法

能否可以不通过图像显示效果, 自动调整 A 和 B 的变换点? 通过长期的图像处理工作发现, 一般噪声均占很少数像素, 图像的大多数像素为背景灰度, 且噪声的灰度级与有效信息的灰度级相差比较大。因此, 可对图像进行直方图统计, 然后, 以最低灰度级开始累计像素数。累计到总像素数的一定百分数时, 将像素的灰度级作为 A 点横坐标, 再从最高灰度级开始逆向统计像素数, 将累计到总像素数的一定百分数时的灰度级作为变换点 B 的横坐标 $2^n - t$, 为红外图像的位数。长期的工作经验表明, 对于红外图像, 这个百分数取 5%; 对于 CCD 图像, 由于噪声相对小一些, 这个百分数取 3% 比较合适。当然, 为了提高显示速度, 可将 A、B 点的纵坐标分别设为 0 和 255。同时, 为了提高图像的层次感, 也为了防止噪声点过于明显, 可分别将截止像素点的灰度作为纵坐标。根据经验, 红外图像的有效范围较窄, 建议将 A、B 点对应 8 位灰度的纵坐标分别设为 0 和 255, 可大大提高显示速度。

$$F(x) = \begin{cases} \frac{2^8 \times k}{t} \times x & 0 < x < t \\ \frac{2^8 \times (1 - 2 \times k)}{2^n - 2 \times t} \times x & t < x < 2^n - t \\ \frac{2^8 \times k}{t} \times x & 2^n - t < x < 2^n \end{cases} \quad (1)$$

式中, x 为灰度级, n 为图像的位数。 k 为转换后 8 位图像的范围, k 取值越小, 目标图像增强越大, 背景压缩越严重。在实际应用中, 为了

提高速度, 常常将 k 值设为 0。由于测量图像有效信息的范围一般较窄, 这种情况下量化速度大大提高, 同时背景信息几乎全部损失, 视觉效果变差。但它对测量无影响, 因此, 常常在图像浏览中使用该方法。

2.2 灰度比例量化法

另一种方法是利用红外测量图像的灰度特性量化。由于红外图像的灰度变换比较平缓, 对比度小, 因此, 图像目标和背景的灰度差很小, 而噪声像素的灰度则相差很大。所以, 可根据灰度比例进行拉伸。其原理是, 首先统计图像的灰度范围, 然后将灰度范围内上下一定百分数作为 A、B 变换点; 根据长期测量图像处理经验, 对于红外和 CCD 图像, 该百分数都取 5% 为宜, 即如果图像的位数为 n 位, 则变换公式为

$$F(x) = \begin{cases} \frac{2^8 \times k}{2^n \times t} \times x & 0 < x < 2^n \times t \\ \frac{2^8 \times (1-2 \times k)}{2^n \times (1-2 \times t)} \times x & 2^n \times t < x < 2^n \times (1-t) \\ \frac{2^8 \times k}{2^n \times t} \times x & 2^n \times t < x < 2^n \end{cases} \quad (2)$$

同样, k 为转换后的 8 位图像范围, x 为灰度级, 当然, 为了提高速度, 亦可将 k 值设为 0。

2.3 自适应量化方法

以上两种方法经过长期实验, 转换效果良好, 同时速度也相当快, 对于一般图像, 其视觉效果非常好。但由于测量图像仅对被测目标比较关心, 对背景及其他信息并不关心, 这两种方法完全不区分目标和背景, 损失了被测目标的信息, 尤其是在目标信息较弱的情况下损失更严重。

为了既能改善图像的视觉效果, 又能增强被测目标的细节, 保证较高的量化效率, 就必须结合目标跟踪信息。由于目标轨迹光学测量装备主要对运动目标进行测量, 图像的灰度变换比较缓慢。如果能够对目标区域的灰度进行拉伸, 对背景区域的灰度进行压缩, 则可实现上述目的, 这就要求必须得到目标区域。

因此, 根据实际工作的需要, 作者提出了一种基于 Camshift^[6-8] 算法的测量图像量化算法,

Camshift 算法原理见参考文献。对于测量图像目标的跟踪, 由于测量环境复杂, 成像质量不可能很好, 目标边缘梯度较小, 在这种情况下, 识别目标轮廓比较困难。所以, 大多数测量图像目标识别定位方法都基于重心法。比较典型的是 Camshift 算法, 由于它的非参数特性、模板图像连续更替性, 它能非常圆满地适应测量图像的目标识别定位。同时, 此方法在完成对目标识别定位后, 通过对图像零阶距、一阶距和二阶距的计算, 利用图像灰度概率的分布, 可得到目标图像的尺寸。具体算法为

$$M_{20} = \sum_x \sum_y x^2 I_c(x, y) \quad (3)$$

$$M_{02} = \sum_x \sum_y y^2 I_c(x, y) \quad (4)$$

$$M_{11} = \sum_x \sum_y xy I_c(x, y) \quad (5)$$

$$a = \frac{M_{20}}{M_{00}} - x_c^2 \quad (6)$$

$$b = 2 \frac{M_{11}}{M_{00}} - x_c y_c \quad (7)$$

$$c = 2 \frac{M_{02}}{M_{00}} - y_c^2 \quad (8)$$

目标定位窗口的长 L 和宽 W 分别为

$$L = \sqrt{\frac{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (9)$$

$$W = \sqrt{\frac{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (10)$$

通过用 Camshift 算法得出目标位置 x 、 y 及窗口的长 L 和宽 W , 可以得到目标区域的灰度范围。将此范围的最低灰度定义为 A 点, 最高灰度定义为 B 点, 具体方法是, 对目标窗口进行直方图处理。图像直方图表示具有不同灰度值的像素面积 (对于连续图像) 或像素个数 (对于离散图像) 在图像中所占的比例, 反映图像灰度的分布信息。对于一幅像素总数为 n 、灰度范围为 $[0, L-1]$ 的图像, 第 k 个灰度级出现的像素数为

$$P_r(r_k) = n_k \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1 \quad (11)$$

式中, r_k 为第 k 个灰度级, n_k 为图像中 r_k 的像素个数。则 k 从 0 级灰度开始, 当 n_k 第一次不为零时, A 点的灰度级为 r_k ; 最后一个不为零的 n_k 所对应的灰度级 r_k 为 B 点。当然, 采用此种方法时, 目标区域和背景区域的灰度级别有可能有一定的交错, 但对于测量图像, 其所占比例很小, 影响并不大。

3 实验结果及分析

本文采用一幅 14 位红外测量图像分别对这三种方法进行检测, 原始图像总灰度范围为 $1 \sim 2^{14}$, 即 $1 \sim 16384$ 灰度级之间。由于是 14 位图像, 因此, windows 系统无法显示。经统计, 其有效信息灰度的范围为 $1896 \sim 2210$, 图像总像素数为 696540。三种变换方法中, A、B 变换点对应的 8 位灰度纵坐标分别为 10 和 255 级灰度, 变换效果如图 2~ 图 8 所示。

(1) 像素计数量化法

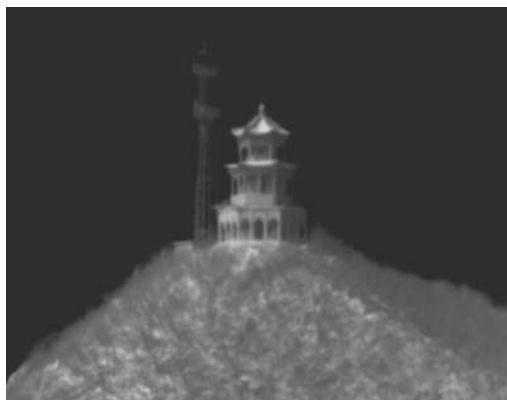


图 2 像素计数量化法的变换结果

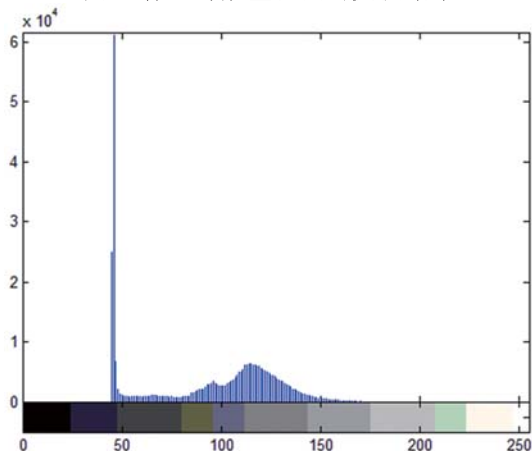


图 3 变换结果的直方图

统计像素数为 $696540 \times 5\% = 34827$, 从 1896 级灰度开始正向计数, 得到变换点 A 处的灰度值为 1899。从 2210 级灰度开始反向计数, 得到变换点 B 处的灰度值为 2154。变换结果如图 2、图 3 所示。

(2) 灰度比例量化法

变换点 A 处的灰度值为: $1896 + (2210 - 1896) \times 5\% = 1912$; 变换点 B 处的灰度值为: $2210 - (2210 - 1896) \times 5\% = 2194$ 。变换结果如图 4 和图 5 所示。



图 4 灰度比例量化法的变换结果

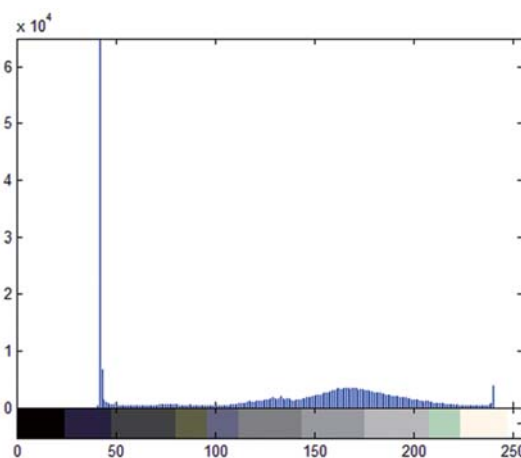


图 5 变换结果的直方图

(3) 自适应量化法

图 5 为采用 Camshift 算法得到的目标窗口, 统计此窗口内图像的灰度值范围为 $1905 \sim 2163$ 。

从图 2~ 图 8 可以看出, 三种灰度变换方法的效果比较接近。图 2 为像素计数量化法的变换结果, 由于背景像素数较多, 且灰度值较小, 因此, 统计最低变换点 A 和最低变换点 B 的灰度

分别为 1899 和 2154, 比图 4 灰度比例量化法的 1912 和 2194 要小。因此, 像素计数量化法的变换结果较暗; 而灰度比例量化法的效果比较适中, 如图 4 所示。由于自适应量化法的灰度值取自前一帧图像的宝塔区域, 其灰度变换点位于前两种方法之间。从图 8 的变换结果可以看出, 宝塔区域效果比较好。从三种方法的直方图中也可看出, 第二种方法稍优于第一种方法, 第三种方法的灰度分布最均衡。总的来说, 相比于像素计数量化方法, 灰度比例量化方法对图像灰度的适应性强一些; 自适应量化法适用于序列测量图像的分析, 可以根据视觉效果的需求, 任意调整灰度变换范围, 尤其是在对特定目标或目标局部进行分析时, 其效果非常理想; 但是, 前两种方法的运算效率优于后一种。



图 6 目标窗口

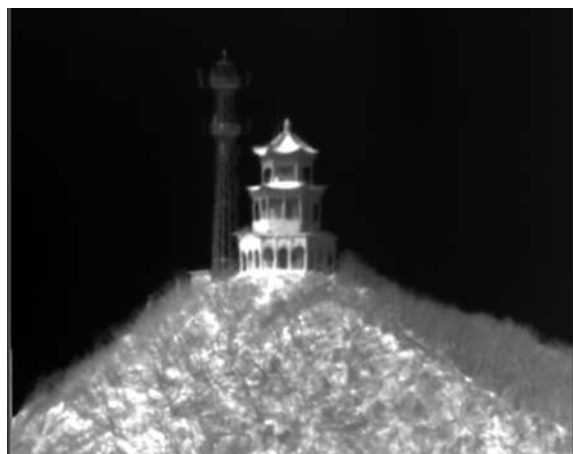


图 7 自适应量化法的变换结果

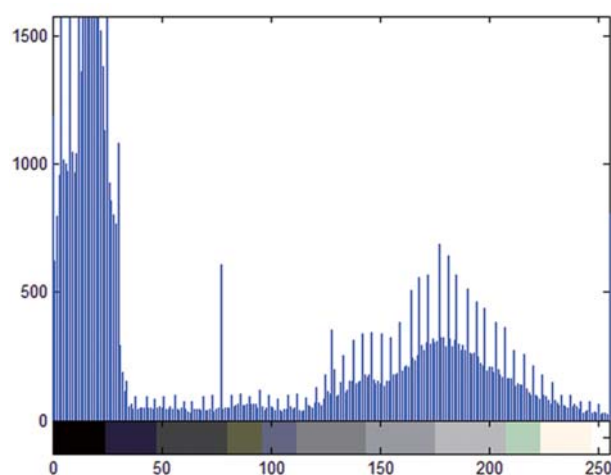


图 8 变换结果的直方图

4 结论

提出了三种灰度测量图像快速量化方法, 并取得了良好的处理效果。其中, 像素计数量化法和灰度比例量化法可用于测量图像的快速播放, 自适应量化法可用于图像分析。实际应用中, 一般将此方法与人工三段拉伸法结合使用, 即可提高播放速度, 又可做到灵活改变变换点。并且, 两种方法的交叉极大, 开发工作量小。所用参数为根据长期工作经验总结所得。不同成像条件下, 不同的传感器可能略有差别。

参考文献

- [1] 国亚双, 王英瑞. 一种新的基于场景的红外图像非均匀性校正算法 [J]. **红外**, 2006, **27**(3): 13-16.
- [2] 杜丽, 赵保军, 唐林波. 一种自适应红外图像非均匀性校正方法及其实现 [J]. **红外**, 2011, **32**(6): 15-17.
- [3] 邱慧, 于起峰, 张小虎. 一种基于灰度变换的红外图像增强算法 [J]. **应用光学**, 2006, **27**(1): 12-14.
- [4] 郝伟, 苏秀琴, 李哲. 基于灰度变换的红外图像实时分割算法 [J]. **光子学报**, 2008, **37**(5): 1077-1080.
- [5] 张秀君, 孙晓丽. 分段线性变换增强的自适应方法 [J]. **电子科技**, 2005, **16**(3): 13-15.
- [6] Fukunaga K, Hostetlet L D. The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Applications in Pattern Recognition [J]. *IEEE Transactions on Information Theory*, 1975, **21**(1): 32-40.
- [7] 顾苏杭, 陆兵, 戎海龙. 基于阈值判断的 CamShift 目标跟踪算法 [J]. **计算机测量与控制**, 2016, **24**(8): 267-271.
- [8] 修春波, 魏世安. 显著性直方图模型的 Camshift 跟踪方法 [J]. **光学精密工程**, 2015, **23**(6): 1749-1756.