

基于灰度变换的红外图像实时分割算法

郝伟^{1,2}, 苏秀琴¹, 李哲^{1,2}

(1 中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710119)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要:针对高灰度等级红外数字图像提出了一种基于灰度变换的实时分割算法. 通过实时分析原始图像中几个小区域的灰度直方图, 自动确定分割阈值, 将原始图像通过灰度变换实时转换为低灰度等级图像. 该算法能够将高灰度等级的红外数字图像实时显示在普通显示器上, 并且能够有效抑制背景并保留目标灰度信息. 由于变换后的图像灰度等级较低而且背景及噪音信息较弱, 极大地提高了红外跟踪器的性能.

关键词:红外图像; 灰度变换; 实时分割

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2008)05-1077-4

0 引言

红外热成像技术是一项新型的红外信息转换与处理技术. 它利用景物自身各部分辐射的差异获得图像的细节, 具有一定的穿透烟、雾、雪等限制的能力, 可以实现远距离、全天候观察^[1], 所以当前靶场光电经纬仪探测设备多采用红外探测器来提高观测能力. 以前主要是利用红外探测器的模拟视频输出, 通过人工或自动调节增益和偏移量显示红外图像的感兴趣部分, 来完成实时监测与跟踪任务. LVDS 传输技术的出现使长距离数字传输得以实现, 减少了 A/D 转换过程, 极大地提高了探测系统的实时性. 如今由于红外热像仪输出的数字图像多为 12 bit 或 14 bit 的 LVDS 信号, 而普通显示器只能显示 8 bit 灰度深度的图像信息. 在某些应用环境下必须将红外输出的数字图像实时显示在显示器上, 以便于光电探测设备的操作人员能够观测到跟踪器的工作状态和跟踪效果, 并且在跟踪目标飞行过程中能够实时监测到目标信息及时给予必要的人工干预, 保证整个跟踪测量任务的圆满完成. 待处理的图像灰度等级越低, 跟踪器处理速度越快, 系统实时性越高. 如何将高灰度等级的红外数字图像实时转换为 8 bit 灰度数字图像的问题有待解决.

目前普遍采用利用显示器的 RGB 三色(24 bit)或灰度分段来显示高灰度等级的红外数字图像, 虽然能够把所有信息显示出来, 但是直觉效果较差, 用在光电探测设备上会影响操作人员的直观判断. 文献^[2]所提出的基于灰度冗余的红外图像自适应输

出窗技术, 虽然较好的实现了红外图像的增强和灰度冗余的压缩, 但是必须通过计算整幅图像直方图来完成, 运算量较大, 不能够满足跟踪器实时性要求, 同时该技术是以图像的灰度直方图为依据, 其中背景及噪音信息在直方图中所占比重较大, 通过直方图均衡化不能达到压制背景及噪音的目的, 反而在某种程度上增强了背景和噪音, 使背景与目标的灰度更加接近, 不利于跟踪器的目标提取. 对跟踪器而言, 最为理想的图像就是只含有目标的图像, 这样可以使跟踪器准确快速地提取目标. 如何能够通过图像预处理使采集到的高灰度等级红外数字图像达到或者接近理想的图像就成为研究的一个问题. 本文通过分析大量红外图像的灰度分布, 依据红外跟踪器的需要, 提出通过灰度变换提取有用灰度信息, 抑制背景干扰. 通过确定上、下分割阈值, 采用线性映射将阈值内灰度转换为 8 bit 灰度信息, 有效地解决了红外图像的显示问题, 并且向跟踪器提供背景被压制的低灰度等级数字图像, 极大地提高了红外跟踪器的性能.

1 红外图像灰度特性分析

红外图像主要是通过获取场景中物体的热辐射来进行成像. 红外热像仪主要基于红外波段在大气传输中两个较透明的窗口: 即 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 和 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ 两个波段, 优先采用 HgCdTe 材料. 该种材料一种红外吸收率很高的本征带隙材料, 主要特点是能够探测 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 和 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ 两个大气传输窗口的红外辐射, 并通过改变材料中的成份来选择两个频带的截止波长; 可生产出高质量的大块基底材料; 在高温下工作性能较好. 热力学分析表明, 接近环境温度的物体在 $8\sim 12\ \mu\text{m}$ 长波段的红外辐射较强. 而

温度较高的物体,例如目标发动机或羽烟,则在 3~5 μm 中波段的红外辐射较强. 所以该种材料的热像仪具有比较宽的感应范围,生成的数字图像相应具有较高的灰度等级^[3-5]. 如图 1, (a) 为背景红外图像直方图, (b) 为目标发射段红外图像直方图, (c) 为目标飞行末端红外图像直方图. 原始红外图像为 14 bit, 分辨率为 320 × 240, 热像仪积分时间为

2 ms. 从直方图可以看出绝大部分为背景信息, 其灰度级主要分布在灰度均值 ± 100 的范围内, 而目标灰度信息分布在均值到峰值的整个区域, 如此大的灰度等级使得在实时处理过程中增大了处理器的运算量, 影响了红外跟踪器的实时性, 而且在普通显示器上无法显示该红外图像.

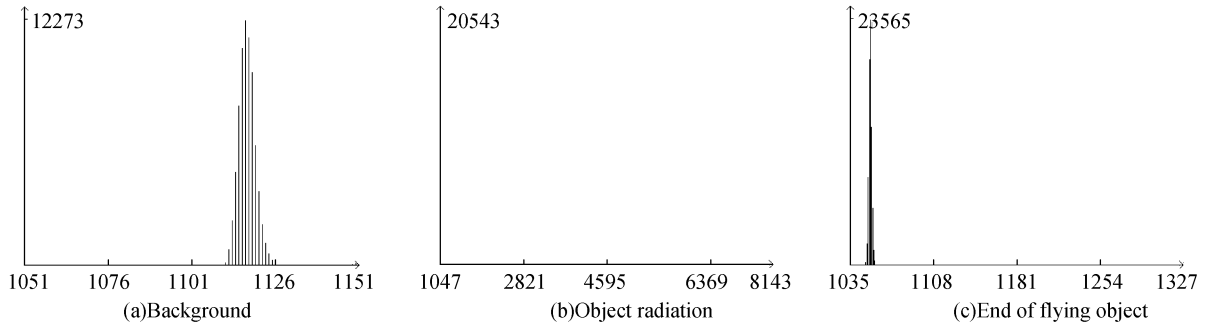


图 1 红外图像直方图
Fig. 1 The histogram of infrared image

2 图像灰度变换原理

灰度变换是指根据某种目标条件按一定变换关系逐点改变原图像中每一个像素灰度值的方法. 其基本思想可以简单的表述为

$$g = T(f) \tag{1}$$

式中 f 为原始图像灰度, 范围是 $[f_1, f_2]$; g 为变换后的图像灰度, 范围是 $[g_1, g_2]$, T 表示某种映射关系^[6].

灰度变换主要分为两种: 线性变换和非线性变换. 线性变换包括图像求反、增强对比度和灰度切分变换, 如图 2. 1) 图像求反: 对图像求反是将原图像灰度值翻转, 简单说来就是使黑白变, 使白变黑. 影射关系如图 2(a). 2) 增强对比度: 实际上是增强原图像的各部分的反差, 压缩不感兴趣的部分, 拉伸感兴趣的部分. 影射关系如图 2(b). 3) 灰度切分: 其目的与增强对比度相仿, 是要将某个灰度值范围变得比较突出. 影射关系如图 2(c).

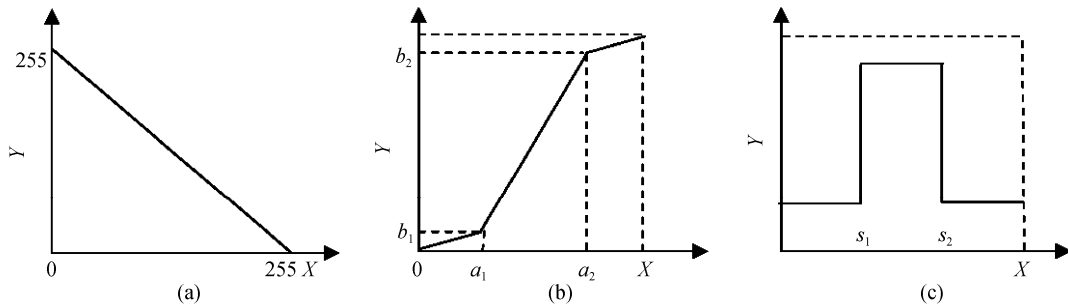


图 2 图像线性变换
Fig. 2 The linear transform of image

3 红外图像灰度变换

3.1 分割阈值计算

在实际情况下, 人们更关心图像中的目标, 对背景信息不太关注, 所以在进行图像灰度变换时, 经常采用压缩背景区域, 拉伸背景与目标接合区域的灰度变换. 飞行目标在点火后其红外辐射强度要远远高于背景辐射强度, 在红外数字图像中背景及噪音主要集中在较低的灰度等级, 而目标的灰度等级相对较高. 所以本文要研究的问题就是如何能够根据原始红外图像的直方图分布情况把原始 14 bit 图像

实时地自动转换为 8 bit 图像, 以便于显示和更为快速的处理, 同时在转换后能够将背景信息自动滤除. 红外图像像素深度为 14 bit, 其灰度等级为 $2^{14} = 16384$. 如果计算原始图像的直方图运算量较大, 则不能够满足自动转换的实时性要求. 所以本文通过计算原始图像中的几个小区域的灰度分布情况, 确定分割阈值, 然后进行转换. 为了能够压制背景和噪音干扰, 在原始图像的四角选定四个小区域 (B_1, B_2, B_3, B_4), 计算其灰度平均值 (gm_1, gm_2, gm_3, gm_4)

$$gm_i = (\sum f(m, n)) \div (M \times N)$$

$$(\forall (m,n) \in B_i) \quad (2)$$

式中 M,N 为小区域的行列数, 然后对其进行从大到小排序得到 (g_1, g_2, g_3, g_4) , 再取中间两个值求取平均值

$$gR = (g_2 + g_3) / 2 \quad (3)$$

计算目标区域 (O_1) 灰度最大值 gr

$$gr = \text{Max} (f(m,n)) \quad (\forall (m,n) \in O_1) \quad (4)$$

依据所得 gR 和 gr 确定分割阈值下限 gL 和上限 gH

$$gL = gR \quad (5)$$

$$gH = \begin{cases} gr & (gr - gL \leq \Delta T) \\ (gr - gL > \Delta T) & gL + \Delta T \end{cases} \quad (6)$$

其流程图如图 3.

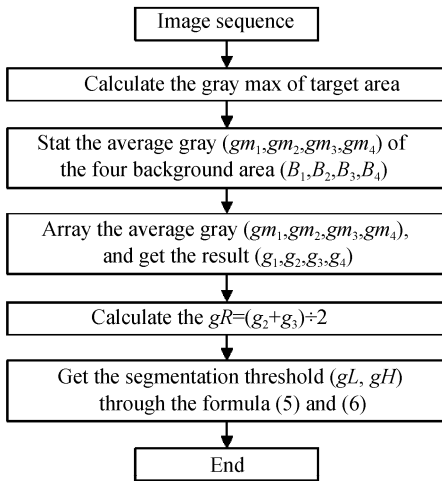


图 3 计算分割阈值流程图

Fig.3 The flow chart of calculating segmentation threshold

由于 gL 等于背景的平均灰度, 所以 gL 作为分割阈值下限, 能够达到抑制图像背景的效果, 有利于跟踪器避开背景干扰提取目标. 在确定分割阈值上限时, 当 gr 与 gL 的差值大于某一阈值 ΔT 时, 将对图像峰值进行截止处理, 使变换后的目标部分变为均匀的亮斑, 有利于实时跟踪处理.

3.2 图像灰度变换

依据上述算法所确定的分割阈值 gL, gH , 分割曲线如图 4.

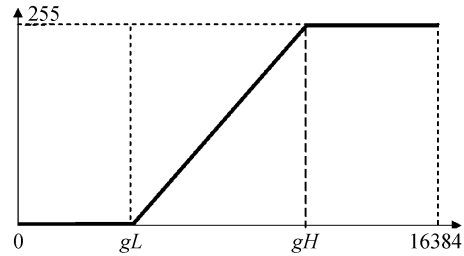


图 4 灰度变换曲线

Fig.4 The curve of gray transform

设 Y 为转换后的灰度值 $(0 \sim 255)$, X 为原图像的灰度值 $(0 \sim 16384)$, 转换公式为

$$Y = \begin{cases} 0 & (X < gL) \\ (X - gL) \times 255 \div (gH - gL) & (gL \leq X \leq gH) \\ 255 & (X > gH) \end{cases} \quad (7)$$

由红外热像仪获得的红外图像, 经过上述灰度变换, 能够将部分背景信息压制在 gL 附近, 将目标和背景连接区域通过线性变换转换为 $0 \sim 255$ 灰度信息, 将目标过亮灰度设置为 8 bit 的最高灰度等级 255, 达到了压制背景灰度, 拉伸背景与目标接合区域的目的. 由于该技术是通过计算小区域灰度信息自动分割, 所以在实际操作过程中减少了对跟踪器的人工干预, 极大地提高了跟踪器的自适应性.

4 实验结果

对图 1 的三幅红外图像进行处理, 处理结果如表 1. 变换后的效果图如图 5.

表 1 3 幅红外图像的处理结果 $(\Delta T=128)$

序列	gR	gr	gH	gL
1	1 118	1 151	1 151	1 118
2	1 079	8 145	1 207	1 079
3	1 052	1 330	1 180	1 052



图 5 灰度变换效果图

Fig.5 The effect image of gray transforming

5 结论

原始红外图像经过灰度变换后,由 14 bit 数字图像转换成了 8 bit 数字图像,解决了显示问题.由效果图可以看出,变换后背景和干扰信息得到了压制,高亮度目标给予截止,使得变换后图像的目标部分突现出来,而背景及噪音信息已不能对目标形成干扰,有利于跟踪器的实时处理.以上灰度变换技术依据背景区域与目标区域灰度信息,采用容易实现的灰度线性变换有效地解决了红外跟踪器的图像预处理问题,经跟踪器实践验证能够满足实时处理的要求,极大地提高了红外跟踪器的自适应性、实时性与可靠性.

参考文献

- [1] DI Hui, YU Qi-feng, ZHANG Xiao-hu. An algorithm for infrared image enhancement based on gray scale transform[J]. *Journal of Applied Optics*, 2006, **27**(1):12-14.
邸慧,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.
- [2] LI Huai-qiong, CHEN Qian. An adapted output window technique based on gray redundancy for infrared image[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(9):1426-1430.
李怀琼,陈钱.基于灰度冗余的红外图像自适应输出窗技术[J].光子学报,2006,35(9):1426-1430.
- [3] FU Xiao-ning, YIN Shi-min, LIU Shang-qian. An improved approach for adaptive segmentation threshold based on fuzzy index[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **35**(5):605-607.
付小宁,殷世民,刘上乾.一种改进的自适应模糊阈值图像分割算法[J].光子学报,2003,35(5):605-607.
- [4] LI Zhe, SU Xiu-qin, YANG Xiao-jun, et al. Small moving infrared target detection[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2006, **35**(6):924-927.
李哲,苏秀琴,杨小君,等.红外运动小目标的检测[J].光子学报,2006,35(6):924-927.
- [5] CHEN Yang-wei. The next developing issue of photoelectricity exploration in warship[J]. *Warship Optics*, 1997, **2**(2):1-6.
陈养渭.关于舰用光电探测技术的下一步发展问题[J].舰船光学,1997,2(2):1-6.
- [6] ZHANG Yu-ji. Image processing and analyzing[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001:72-76.
章毓晋.图像处理和分析[M].北京:清华大学出版社,2001:72-76.

A Real-Time Segmentation Algorithm for Infrared Image Based on Gray Scale Transform

HAO Wei^{1,2}, SU Xiu-qin¹, LI Zhe^{1,2}

(1 Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of CAS, Xi'an 710119, China)

(2 Graduate University of CAS, Beijing 100039, China)

Received date: 2006-12-11

Abstract: An real-time segmentation algorithm based on gray scale transform is presented aiming at high gray scale infrared image. By real-time analyzing the gray histogram of several small area in the original image, the segmentation threshold is automatically made sure. Then the original image real-time is transformed to the low gray scale image based on the segmentation threshold. The algorithm can put the high gray scale infrared image to the general display for real-time showing, could effectively restrain the background information and reserve the goal gray information. Because the transformed image is low gray scale and its' background and yawp is low, the performance of the infrared tracker is obviously improved.

Key words: Infrared image; Gray transforming; Real-time segmentation



HAO Wei was born in 1979 and received the M. S. degree of Engineering in 2004 at Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of CAS. Since 2004, he is pursuing his Ph. D. degree from Graduate University of Chinese Academy of Sciences in communication & information system. Now his research works are image processing, high speed video signal processing.