

文章编号: 1672-8785(2013)12-0020-05

基于直方图均衡化的红外图像 伪彩色增强显示

张 磊

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要: 红外成像技术由于具有抗干扰性强和全天候工作等特点而被广泛应用于各个领域。针对红外图像视觉效果模糊的问题, 提出了一种基于直方图均衡化的红外图像伪彩色增强显示方法。该方法包括图像增强和伪彩色处理两步: 首先, 计算图像的均值, 并根据均值的大小采用不同的空域变换方法, 然后进行直方图均衡化处理; 在伪彩色处理中, 设计了新的伪彩色编码表, 并采用查找表的方式对增强后的图像进行了伪彩色处理与显示。试验结果表明, 经过伪彩色增强处理后, 图像的显示效果有了明显提高, 图像中的动态范围得到了扩大, 细节信息也得到了加强。

关键词: 红外图像; 直方图均衡化; 伪彩色

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.12.004

Pseudo-color Enhancement Display of Infrared Images Based on Histogram Equalization

ZHANG Lei

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Because of the features of high interference immunity and all-weather operation, the infrared imaging technology is widely used in various fields. A pseudo-color enhancement display method based on histogram equalization is proposed. The method includes two steps: image enhancement and pseudo-color processing. First, the mean value of an image is calculated. A different special transform method is used according to the mean value. Then, the histogram is equalized. In the process of pseudo-color processing, new pseudo-color coding tables are designed and are used for the pseudo-color processing and display of the enhanced image. The test result shows that after the processing of pseudo-color enhancement, the display effectiveness, dynamic range and details of the image are improved obviously.

Key words: infrared image; histogram equalization; pseudo-color

0 引言

图像是通过用各种观测系统以不同的形式

和手段观测客观世界而获得的。科学研究和统计结果表明, 人类从外界获得的信息中约有 75% 来自于图像。一个基本的图像系统由若干模块

收稿日期: 2013-12-06

作者简介: 张磊(1982-), 男, 吉林松原人, 副研究员, 工学博士, 主要研究方向为数字图像处理与光电测量。

E-mail: zlxrl@tom.com

组成,包括成像、图像传输、图像采集、图像显示、图像存储、图像处理以及图像分析等模块。为了实现各自的功能,每个模块都需要使用一些特定的设备和技术。

近年来,红外成像技术由于具有被动工作、抗干扰性强、目标识别能力强以及全天候工作等特点而得到了快速发展,并且广泛应用于各类科学研究以及军事侦查、监视和制导等领域。但红外图像自身的特点导致其显示效果并不理想。人眼生理结构中对彩色敏感的细胞能够分辨出几千种彩色色调和亮度;相形之下,人眼却只能辨别几十种灰度层次。为了更直观地增强显示图像的层次,提高人眼对图像的分辨能力以及加强对灰度图像中所表达出的图像信息的观察和理解,灰度图像的彩色处理技术便应运而生。该技术一般可以分为真彩色和伪彩色两种增强方法。通过权衡实现难度、成本以及处理时间等因素,我们选择对红外图像进行基于直方图均衡化的伪彩色增强显示处理。试验结果

表明,经过处理的图像把人眼不能区分的微小灰度差别显示为明显的色彩差异,这样不仅能够更有效地显示图像本身所包含的信息,而且还能更好地帮助人们解决问题。

1 红外成像特点的分析

图1所示为红外成像系统的工作过程。首先,红外辐射目标经过大气衰减后到达成像系统;其次,红外探测器将辐射通量转换为电信号;最后,电信号经过放大被转换为可在显示器上显示的灰度图像。与可见光成像不同,红外成像对雾、霾、夜间以及恶劣气候等环境具有较强的适应性。它是将红外探测器接收到的场景的红外辐射映射成灰度值,再将其转换为红外图像的。辐射强度越大,灰度值越高,图像也就越亮。在成像过程中,不同波长的红外辐射在大气中的透射率有很大差异,所以大气状态对成像具有很大影响^[1-2]。

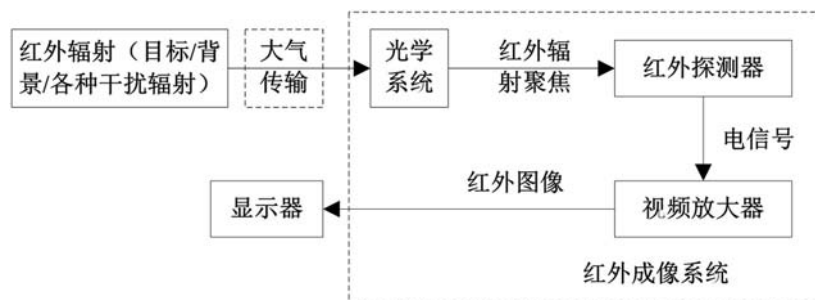


图1 红外成像系统的工作过程

红外图像具有以下几种特点:

(1) 受太阳辐射因素的影响,白天的红外图像效果优于夜间;

(2) 红外图像的整体灰度较低,且分布较为集中;

(3) 由于噪声源较多,红外图像的信噪比较低;

(4) 红外图像的对比度较低;

(5) 因为景物表面的辐射分布基本保持不变,所以红外图像相邻帧的差别不大。

红外图像与可见光图像之间的区别如下:

(1) 红外图像依据物体的不同温度或不同辐射率,而可见光图像依据物体的不同反射率;

(2) 由于红外波段的波长较长,红外图像的空间分辨率比可见光图像的低;

(3) 对于同一景物,红外图像与可见光图像的灰度差异较大;

(4) 红外图像与可见光图像的纹理特征不同;

(5) 红外图像与可见光图像的边缘特征不同;

(6) 红外图像与可见光图像的像素间相关性不同。

2 图像增强设计

基于以上对红外成像以及红外图像特点的分析, 根据红外图像灰度值较低且分布较集中的特点, 可选择对红外图像进行增强后作伪彩色处理, 从而增加红外图像的动态范围, 提高图像的对比度, 以使图像显示变得更为直观^[3]。

2.1 图像增强

图像增强可以通过使用非线性灰度变换方法, 然后进行直方图均衡化处理的办法实现。非

线性变换可以根据两种不同的情况进行处理。首先, 设置两个图像灰度阈值 V_L 和 V_H , 然后计算红外图像的均值。如果均值小于较低的阈值 V_L , 那么就执行对数函数非线性变换。对数函数变换适用于较暗的图像, 可扩展低灰度区和压缩高灰度区, 使灰度较低的图像细节更容易看清楚。如果均值大于较大的阈值 V_H , 那么就执行指数函数非线性变换。指数函数变换适用于较亮的图像, 可压缩低灰度区和扩展高灰度区。

图 2 为对数函数变换和指数函数变换的示意图。

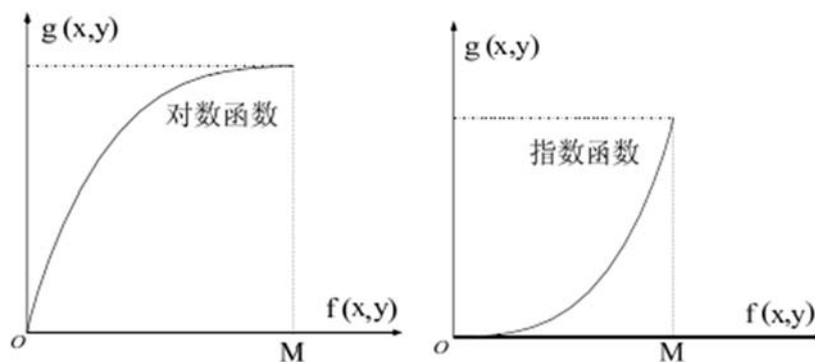


图 2 对数函数变换和指数函数变换的示意图

直方图均衡化是通过编程使原始图像的灰度直方图从比较集中的某个灰度区间均匀分布在全部灰度范围内, 也就是对图像进行非线性拉伸, 重新分配图像的像素值, 使一定灰度范围内的像素数量大致相同^[4]。

2.2 彩色增强

伪彩色处理方法有很多, 比如灰度分割法、灰度级-彩色变换法以及滤波法等, 其实质是把 8 位的灰度图像转换成 24 位的伪彩色图像。在变换过程中, 需要选取一个映射函数。该函数可以是线性的, 也可以是非线性的, 用来完成一对三的映射。本文采用灰度分割法 (又称密度分层法) 进行伪彩色增强, 即将每个灰度级分别对应到不同的颜色上, 从而实现图像灰度到彩色的映射。图 3 为灰度分割法的原理图。在灰度级 $L_0, L_1, \dots, L_M$ 处定义 $M+1$ 个与灰度轴垂直的平面, 取 $L_0 = 0$,

$L_M = L$, $0 < L_i < L$ ($i = 1, 2, \dots, M-1$), 并在 $M+1$ 个平面内将灰度划分为 M 个区域 R_K ($K = 1, 2, \dots, M$)。

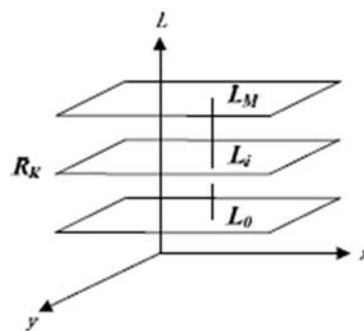


图 3 灰度分割法的原理图

根据色度学原理, 传统方法是用三基色在各个温度段形成混叠, 并按照图像灰度值从高到低进行温度映射。这种处理方法往往会导致整幅图像的颜色比较均匀。高温区域缓慢向低

温区域过渡, 可使人眼观察时感觉比较舒适, 但是不利于各部分区域的区分。为了有效地分离出高温区域和低温区域, 同时避免因灰度分割层次较少而导致红外图像伪彩色处理后细节信息被抑制的问题^[5], 本文对伪彩编码进行了研究, 并设计了两种伪彩色编码表(见图4)。设计原则是, 低温区域尽量用紫色和蓝色表示, 中温区域以绿色为主, 高温区域则用红色和橙色表示。为了使画面颜色显得更细腻, 用灰度分割方法将灰度等级 $[0, 255]$ 划分为128种彩色层次。其中, 每两个灰度对应于伪彩色模板中的一种颜色, 使图像中的细节信息更丰富地显示出来。另一方面, 尽量缩小每种颜色所代表的灰度区

间, 并在高灰度值一端加入白色, 使图像中的各区域得到更好的区分^[6]。

3 试验结果

用某型号红外相机对靶标进行成像, 并采用本文中的图像增强方法及伪彩色编码表对图像进行处理; 在上位机上编写软件, 并采用查找表的方式实现图像的伪彩色增强与显示。图5为最终获得的原始图像, 图6为对其进行直方图均衡化增强后得到的图像。然后对经过增强处理的图像进行灰度分层, 并将分层后的灰度作为地址索引, 按本文设计的伪彩色码表对灰度图像进行彩色处理。图7和图8所示为经过伪彩色

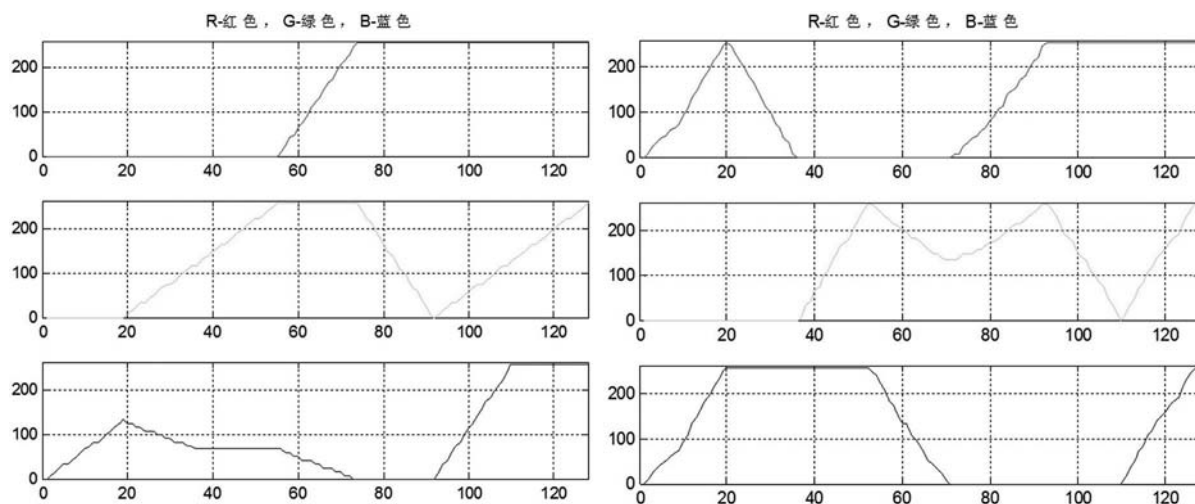


图4 伪彩编码1与伪彩编码2



图5 原始红外图像



图6 增强后的红外图像



图 7 伪彩色效果 1

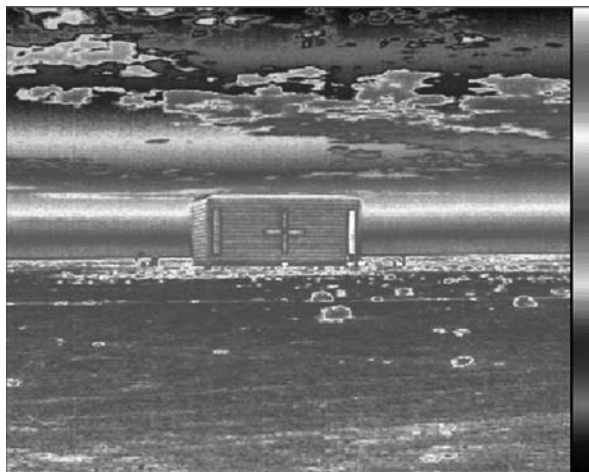


图 8 伪彩色效果 2

增强处理后得到的图像 (右侧为伪彩色码表), 图 9 所示为通过常用的彩虹编码得到的伪彩色显示效果。

从试验结果中可以看出, 本文采用的图像增强方法增加了图像的动态范围。与常用的彩虹编码伪彩色处理相比, 用本文设计的伪彩色码表对红外图像进行伪彩色处理后, 红外图像的层次得到了增强, 人眼的视觉分辨能力也得到了提高。

4 结束语

由于红外图像具有灰度分布不均衡、对比度差以及视觉效果较差等缺点, 本文提出了一种基于直方图均衡化的伪彩色增强显示方法, 使红外图像的灰度尽可能地均匀分布在全部灰度范围内, 从而较好地突出了图像的细节。利用基于灰度分割的改进型伪彩色码表对增强后的图像进行了彩色处理。与原始彩虹编码相比, 本文图像具有良好的视觉特性。同时, 该方法简单易行, 可移植到硬件平台上。通过将软硬件相结合, 可以实现红外图像的实时伪彩色增强处理显示。

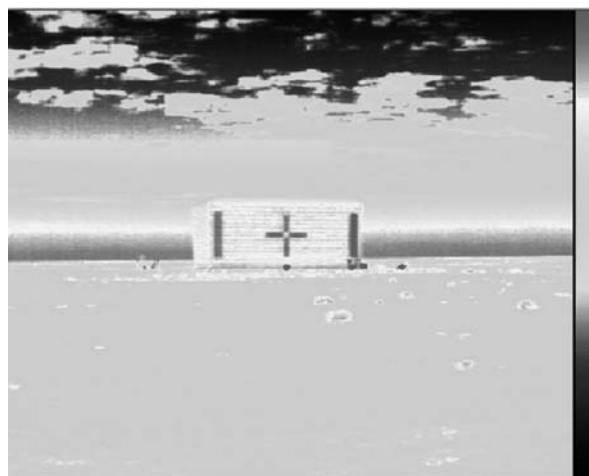


图 9 彩虹编码的伪彩色效果

参考文献

- [1] 李俊山, 杨威, 张雄美. 红外图像处理、分析与融合 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [2] 宣益民, 韩玉阁. 地面目标与北京的红外特性 [M]. 长沙: 国防工业出版社, 2004.
- [3] 周欣. 红外图像视觉效果增强技术的研究 [D]. 天津: 天津大学, 2008.
- [4] Rafael C G, Richard E W. 数字图像处理 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [5] 刘缠牢, 谭立勋, 李春燕, 等. 红外图像伪彩色编码和处理 [J]. 应用光学, 2006, 27(5): 419-422.
- [6] 樊晓清, 顾国华, 刘宁, 等. 一种红外数字图像伪彩色显示设计 [J]. 红外技术, 2013, 35(7): 398-403.