

文章编号: 1672-8785(2016)05-0033-05

基于比特平面分层和彩虹伪彩色编码 的红外图像增强方法

花兴艳 葛耀林

(中国人民解放军 91550 部队 94 分队, 辽宁 大连 116023)

摘 要: 由经纬仪拍摄的海空远距离红外目标图像具有对比度低、灰度不均匀以及含有大量复杂噪声等缺点, 这会严重影响对图像中目标的判读。为此, 提出了一种基于比特平面分层和自适应彩虹码伪彩变换的图像增强方法。结果表明, 经该方法增强处理后的伪彩色图像的颜色饱和度更高, 细节和边缘更清晰, 尤其是由目标边缘可以清晰辨别出不同的颜色层次, 因而更符合人眼的视觉习惯。

关键词: 比特平面分层; 彩虹码; 伪彩色; 自动阈值; 红外图像增强

中图分类号: TN957.52 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2016.05.007

Infrared Image Enhancement Based on Bit-plane Slicing and Rainbow-code Pseudo-color Coding

HUA Xing-yan, GE Yao-lin

(Branch 94, The People's Liberation Army Unit 91550, Dalian 116023, China)

Abstract: The images of remote infrared targets acquired by a phototheodolite in the background of sea and sky have the disadvantages of low contrast, nonuniform gray level and a large number of noises etc. This may affect the interpretation of the target in the image severely. For this reason, an infrared image enhancement method based on bit-plane slicing and adaptive rainbow pseudo-color transform is proposed. The experimental result shows that the pseudo-color image enhanced by this method is more colorful and saturated. The details and edges of the target are clearer. Particularly, different color gradations can be identified from the edges of the target. So, it is more fit for human's visual habit.

Key words: bit-plane slicing; rainbow-code; pseudo-color; automatic threshold; infrared image enhancement

0 引言

图像增强的目的是为了增强图像中的有用信息, 改善图像的视觉效果, 有目的地增强图像的整体或局部特征, 扩大图像中不同物体特征之间的差别, 抑制不感兴趣的特征, 以改善图像质量、丰富信息量、加强图像判读和识别效果,

从而满足某些特殊分析的需要^[1-2]。人眼的视觉分辨率是指人眼在一定距离上能够区分相近两点的能力。分辨率是影响图像质量的最重要因素^[3]。对于一幅静态图像来说, 颜色类别和对比度是影响视觉分辨率的两个主要因素^[4]。目前, 用于提高图像分辨率的方法有很多种, 但其中大多是单一地从提高图像对比度或彩色

收稿日期: 2016-04-04

作者简介: 花兴艳 (1979-), 女, 江苏南通人, 工程师, 主要研究方向为图像数据处理。

E-mail: huaxingyanggraduate@163.com

增强效果方面考虑。即使有人同时将几种方法结合起来使用,大多也是分别结合图像去噪进行的^[3,5-6],而同时考虑将图像对比度和颜色类别作为增强手段的方法则少见报道。受到拍摄距离、复杂海天背景、传感器温度以及图像传输等因素的影响,光学经纬仪获取的红外图像通常具有亮度和对比度低、灰度不均匀以及存在大量复杂噪声等缺点,导致图像质量降低,细节难以看清。我们所关注的细节通常集中在图像中数量相对较少的暗区灰度级范围内,此时即便采用直方图增强和对比度拉伸等方法,也很难取得理想的效果。以上处理方法均基于整幅图像灰度分布的变换函数,虽然这些全局方法有时适用于整幅图像的增强处理,但对于在一些小数量级的暗区域以及分布大量复杂噪声的区域,一些细节像素的影响通常都会在这种全局变换的计算中被忽略。所以增强结果往往只是图像的整体效果有所改善,而数目较少的像素级细节部位的增强有限,有时甚至会丢失。相关研究表明,将灰度图像变换成伪彩色图像是一种非常有效的图像增强技术,可以用于提高图像半自动判读的准确度^[4,7]。本文针对光电经纬仪的实际测量图像,利用比特平面分层增强了灰度图像的对比度,同时通过伪彩色变换,二次提高了图像的可视分辨率,从而实现了图像的增强处理。结果表明,该方法在处理这类对比度和亮度低、噪声复杂的图像时具有较好的效果,不仅可以清晰地显示被测目标的边缘及细节的灰度变化层次,而且还可以提高图像判读的速度和准确度。

1 比特平面分层

一幅 8 比特的灰度数字图像具有 256 个灰度级,其中每个像素的灰度由 8 比特组成。原始图像中任意一个像素的值可由这些比特平面中所对应的二进制像素值来重建。因此,可以将此图像看作由 8 个 1 比特平面组成,其中平面 1 由所有像素的最低阶比特组成,比特平面 8 由所有像素的最高阶比特组成。

将一幅图像分解为比特平面,对于分析图像中每个比特的相对重要性是很有用的。相关研究表明,每个比特平面对整个图像的视觉效果的作用不同;4 个高阶比特平面,特别是最高的两个比特平面,包含了在视觉上很重要的大部分数据,而低阶比特平面在图像中则贡献了更多精细的灰度细节^[8]。图像增强通常通过突出图像中有效信息的灰度级范围和抑制不感兴趣的灰度级范围来达到突出整体或局部特征的目的。鉴于此,可以考虑通过突出特定的比特层来达到增强图像质量和丰富信息量的目的。

我们所处理的海空背景远距离图像的灰度级分布特性,决定了传统的诸如直方图均衡和对比度拉伸等全局基础下的对比度增强方法对其作用有限。这时需要增强的仅是细节所在的暗色区域,同时还要尽可能地保留明亮区域,甚至是压缩明亮区域,因为明亮区域无需增强。基于本文介绍的这种增强方法能够将图像的暗区域和亮区域区分开来,同时只增强暗区域,即我们所关注的细节所在。而在通常情况下,图像的暗区域集中在图像的低阶比特平面上,这样就有了增强方案的基础:通过将一幅图像的低阶比特平面和高阶比特平面进行对调,可在增强暗色区域的同时适度压缩明亮区域。

2 改进的彩虹码伪彩色增强

仅仅通过增强对比度来提高视觉分辨率的效果是有限的。由于人类视觉对不同色彩的分辨能力特别强,而对灰度的分辨能力相对较弱,因此若将人眼无法或者不易分辨的灰度级变化施以不同的色彩,人眼便可以更容易地对它们进行区分。这便是伪彩色增强灰度图像的基本依据^[9-10]。因此,将灰度测量图像变换成伪彩色图像是一种非常有效的图像增强技术。该技术可以使增强后的图像给人眼带来更好的视觉效果。所以,伪彩色处理技术常用于遥感图像、红外图像和 X 射线计算机断层成像(X-Ray Computed Tomography, XCT)图像等多种测量图像的判读工作。

灰度与彩色变换伪彩色处理技术可以将灰度图像变换为具有多种颜色渐变的连续彩色图像。该方法先将灰度图像按照不同的映射函数建立红、绿、蓝 3 个变换函数, 然后将 3 个变换输出合成为一幅伪彩色图像。3 个变换函数对同一灰度实施不同的变换, 使得输出不同, 导致不同灰度级对应于不同的色彩。对于测量图像来说, 最为常用的是彩虹码。但是人们在实际应用中发现, 红外测量图像的灰度级分布往往很不均匀, 常常集中到很少的灰度级。传统彩虹编码的灰度变换区域是取固定的灰度值, 往往造成伪彩色图像的分布极不均匀, 整幅图像仅仅显示一两种颜色, 图像特征和细节无从辨认。最终形成的伪彩色图像还不如灰度图像的分辨率高^[4]。

因此, 针对测量图像的灰度分布特征和应用要求, 我们选取了具有自动阈值的伪彩色编码, 解决了图像灰度级集中时难以辨别的问题, 使得图像层次更分明, 图像清晰, 目标更易识别。另外, 各类文献中也提出了多种不同的伪彩色编码方法, 但是从测量图像的实际处理效果来看, 采用这些方法以及传统彩虹编码得到的伪彩色图像有时不符合测量图像判读过程中的人眼视觉习惯。为了使伪彩增强后的图像能够突出目标, 在整体上又比较符合人眼视觉习惯, 本文采用了改进的彩虹码伪彩色变换方法。

伪彩色的目的是为了准确区分测量图像中的不同灰度级。采用合理的 RGB 三色搭配, 可以使得在整个灰度级区间内形成色彩饱和度高且层次分明的彩色过渡。首先, 确定图像灰度的最小值 k_0 和最大值 k_4 。利用最大类间方差算法求取整幅灰度图像的二值化阈值 T 。将图像分为两个部分, 并使 $k_2 = T$ 。再次利用最大类间法分别对第一和第二部分求出阈值 T_1 和 T_2 , 使 $k_1 = T_1$, $k_3 = T_2$ 。采用 k_0, k_1, k_2, k_3, k_4 对灰度测量图像进行灰度区域划分, 然后再根据图 1 所示的新编码进行伪彩色编码。图 1(a)、图 1(b) 和图 1(c) 所示分别为红、绿、蓝三基色的变换函数曲线, 图 1(d) 所示为通过红、绿、蓝三种变换函数得到的合成变换函数曲线。无论图像的灰度分布如何变化, 采用该编码都能将不同灰度级自适应地分布到不同的伪彩色变换区域, 从而

突出图像中的目标和背景以及两者中的细节, 使得图像的颜色层次饱满分明, 图像变得清晰。

3 基于比特平面分层和彩虹伪彩色编码的图像增强算法

对 8 位的原始灰度图像进行比特平面分解, 并将其 4 个低阶比特平面与 4 个高阶比特平面互换, 重新构建一幅图像, 以达到增强原始图像中细节和突出目标边缘的目的。然后采用上面介绍的改进的彩虹码伪彩色增强方法对比特平面分层增强后的灰度图像进行处理, 并将不同的灰度级自适应地对应到不同的伪彩色编码变换区域内, 从而实现高分辨率的伪彩色变换。

4 实验结果及分析

我们以光电经纬仪拍摄的红外图像为例, 将本文方法与传统的以及文献中效果较好的伪彩变换方法进行了对比 (结果见图 2 ~ 图 6)。其中, 图 2 为测得的原始图像; 图 3 和图 4 分别为采用传统的灰度变换伪彩增强方法^[9]和文献^[4]所述方法对图 2 进行伪彩变换后得到的效果图; 图 5 为采用本文改进的彩虹码伪彩增强方法对图 2 进行伪彩变换后得到的效果图; 图 6 为综合采用比特平面分层和伪彩增强方法对图 2 进行增强处理后得到的效果图。

从图 2 中可以看出, 在原始图像中, 无论是目标飞机还是背景海空中都只能观测到灰度的渐变, 而目标边缘以及目标细节的灰度层次不容易区分, 严重影响了图像判读的速度和精度。采用传统的伪彩增强方法后, 图像中的目标和背景虽能明显区分, 但是由于颜色层次变化不够丰富, 相邻灰度级不易区分, 导致目标飞机的机身细节丢失 (见图 3)。采用文献^[4]中改进的彩虹伪彩编码后, 目标的细节显示有所改善, 但是颜色饱和度和颜色对比度不高 (见图 4)。从图 5 中可以看出, 本文提出的伪彩增强算法克服了传统的以及文献^[4]所述的伪彩增强算法的不足, 使得图像不仅颜色饱和度和对比度得到了较大提升, 背景与目标的区分也变得更加明显, 而且还突出了目标物体的细节。由图 6 所示的增强效果可见, 图像中可以很清晰地看出暗部细节, 机

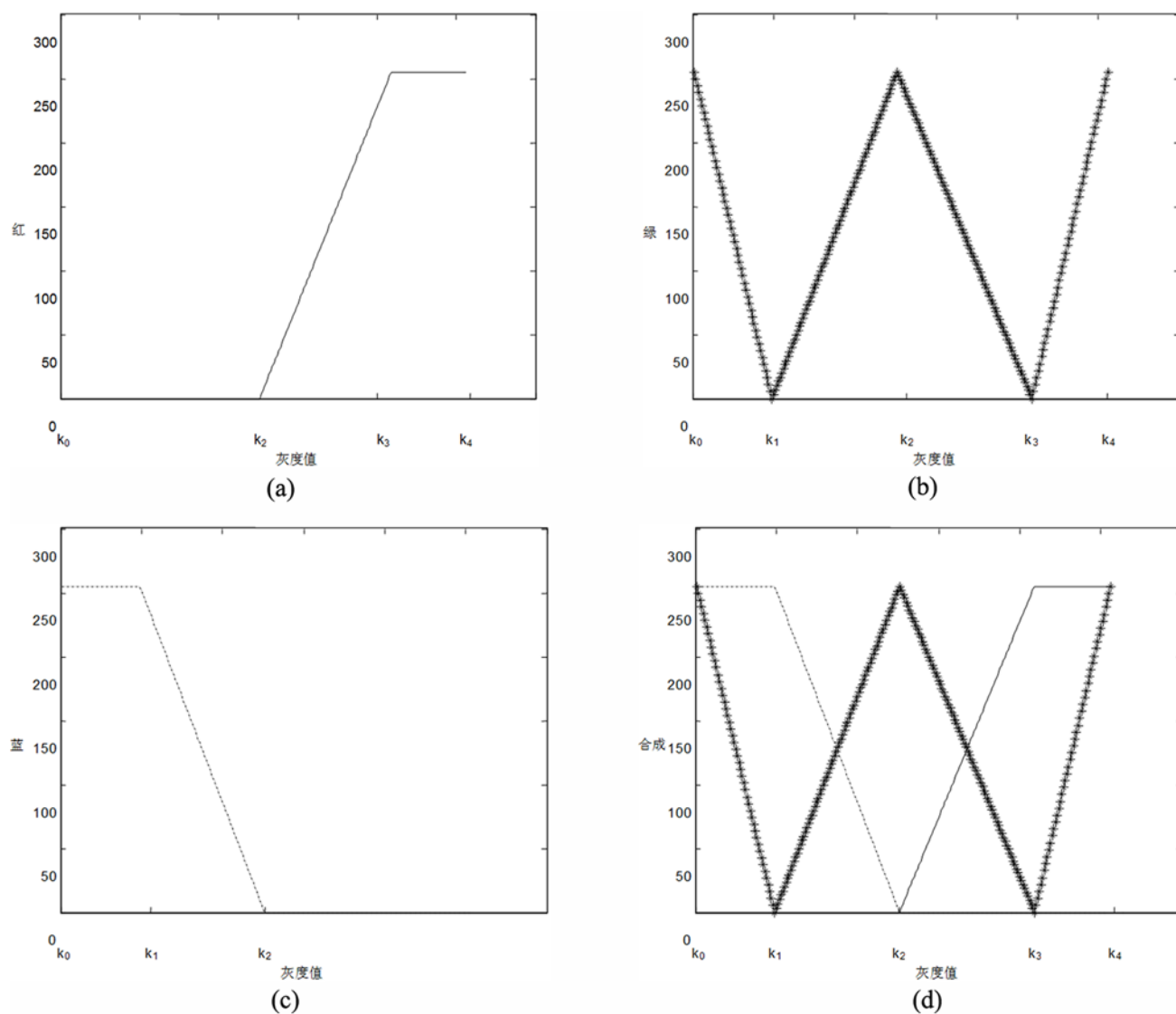


图 1 本文提出的伪彩色编码



图 2 原始图像

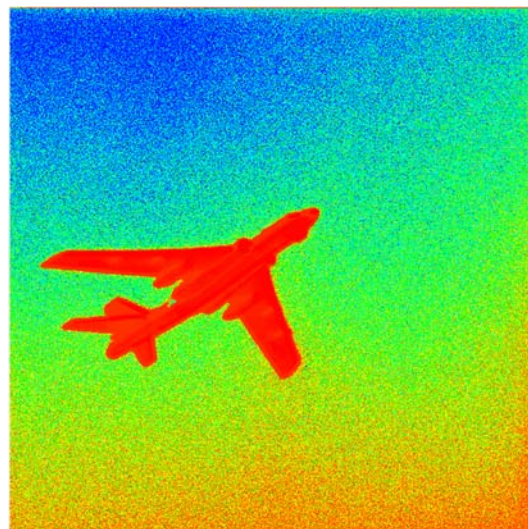


图 3 采用传统的彩虹码伪彩增强方法得到的图像



图 4 采用文献 [4] 所述方法得到的伪彩增强图像

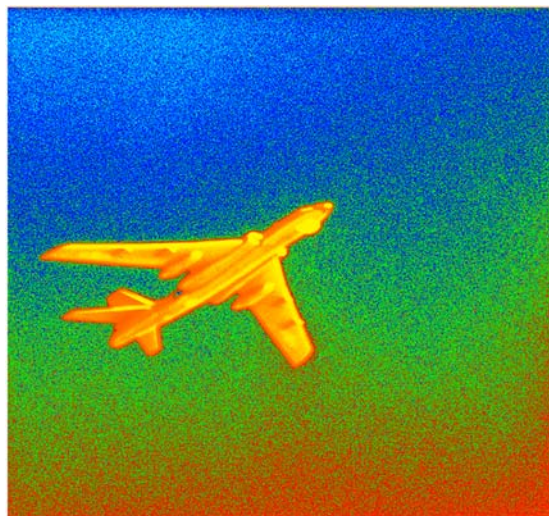


图 5 采用本文伪彩算法得到的增强图像

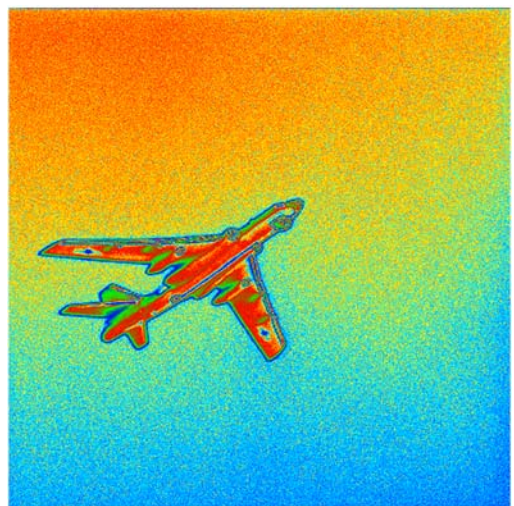


图 6 经比特平面分层和伪彩增强后得到的图像

身显示明显, 尤其突出了目标边缘; 而且亮区域细节也没有丢失, 图像整体增强效果较好。这大大增强了图像判读时对目标点位的把握能力, 并提高了图像利用率。通过对比图 5 和图 6 可知, 仅仅根据图像的灰度级信息进行伪彩变换, 还不能完全体现图像中目标细节和边缘区域的特点; 结合比特平面分层增强方法先对图像进行灰度增强, 然后再进行伪彩增强的效果更好。

5 结束语

针对光电经纬仪实际拍摄的图像的灰度分布特征, 本文采用将比特平面分层和彩虹码伪彩变换相结合的方法对测量图像中的目标进行了增强处理。实验结果表明, 该方法不仅能够有

效突出图像中感兴趣目标的细节和边缘效果, 而且还能使颜色层次变化丰富, 对比鲜明。这样更有利于操作员识别目标, 大大增强了图像判读时对判读点位的把握能力, 提高了图像判读的精度和速度, 使判读变得更加准确。

参考文献

- [1] 马银平, 江伟. 基于局部均值和标准差的图像增强算法 [J]. 计算机工程, 2009, 35(22): 205-207.
- [2] 王东. 低对比度环境下运动目标检测技术研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.
- [3] 钟声. 基于小波变换的相位调制伪彩色图像增强的研究 [D]. 天津: 天津理工大学, 2012.
- [4] 李桂枝, 贾峰, 闫海鲲. 红外测量图像自适应彩虹码伪彩色编码方法 [J]. 长春理工大学学报 (自然科学版), 2011, 34(4): 36-39.
- [5] 陈恺, 何晨, 陈运, 等. 基于小波变换和相调制图像密度伪彩色编码的图像处理 [J]. 天津理工大学学报, 2012, 28(3): 71-75.
- [6] 王超, 叶中付. 基于变分的图像增强算法和伪彩色映射 [J]. 数据采集与处理, 2005, 20(1): 18-22.
- [7] 杨晓许, 周泗忠, 时惠霞, 等. 互补伪彩色编码在半自动视频判读中的应用 [J]. 弹箭与制导学报, 2005, 25(2): 604-606.
- [8] Rafael C G, Richard E W. 数字图像处理 (第三版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [9] 周品, 李晓东. 数字图像处理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [10] 王智文, 刘美珍. 基于小波分析和伪彩色的遥感图像增强 [J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(18): 4771-4776.