

改进的多尺度 Retinex 红外图像增强算法

刘 辉,赵文杰,吴 畏

(空军航空大学 特种专业系,吉林 长春 130022)

摘 要:针对传统多尺度 Retinex 增强算法处理后的红外图像对比度较低、视觉效果不够理想的缺点,提出了一种改进的多尺度 Retinex 红外图像增强算法。将传统 Retinex 增强算法中的指数还原用灰度线性拉伸代替,对拉伸后的图像进行自适应对比度增强处理,从而提高了图像的对比度,改善了图像的视觉效果,同时,根据图像处理的需要,可以调整图像对比度的大小。通过与几种典型的图像增强算法实验结果进行比较,该算法图像增强的效果更好,图像视觉效果更佳。

关键词:红外图像;Retinex 理论;MSR 算法;图像增强

中图分类号:TN911.73

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)04-0105-03

An Improved Multi-scale Retinex Infrared Image Enhancement Algorithm

LIU Hui, ZHAO Wen-jie, WU Wei

(Special Profession Department, Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China)

Abstract: According to the problem of the traditional multi-scale Retinex infrared image enhancement algorithm for infrared image processing, like the contrast is not strong and the overall gray value image is lower. Puts forward an improved multi-scale Retinex infrared image enhancement algorithm. On the basis of the multi-scale Retinex image enhancement, for the linear image stretching and adaptive contrast enhancement processing. At the same time, according to the needs of processing, can be adjusted with the size of the image contrast. Experimental results show that the method of image enhancement and visual are better with other enhancement algorithm comparison.

Key words: infrared image; Retinex theory; MSR algorithm; image enhancement

0 前 言

红外图像反映了目标与背景之间的红外辐射(温度)差。在红外图像的生成、传输等过程中,由于景物热平衡、大气吸收和随机散射作用等,使得红外图像普遍存在着图像分辨率低、对比度不高、图像缺乏层次性以及受噪声影响严重等缺点^[1],给后续的图像分割、识别等带来了极大的困难,甚至会导致后续处理的失败。红外图像对比度增强的常用方法有灰度变换法、直方图变换法以及各种频域滤波法等^[2-4]。灰度变换法是一种简单易行的图像增强算法,但是对于动态范围较大的图像增强效果不佳。直方图均衡化能够对整幅图像进行增强,但是其增强效果难以有效的控制,图像视觉效果较为生硬、不够柔和,而且容易造成图像细节的丢失。直方图规范化虽然在理论上能够控制图像增强

的效果,但是在实际操作中目标直方图的选择较为困难。随着计算机技术的发展以及其他学科理论在图像处理中的应用,学者们提出了许多基于新理论的图像增强算法。例如:基于形态学、模糊数学、小波变换的图像增强算法等等^[5,6]。

文中通过类比可见光图像的成像原理研究基于 Retinex 理论的红外图像增强算法,对多尺度 Retinex 图像增强算法进行改进,将其与传统的自适应线性拉伸算法相结合,从而进一步提高了图像的层次性,改善了图像的视觉效果。

1 Retinex 理论简介

Retinex 色彩理论是由美国物理学家 Edwin Land 于 20 世纪 70 年代提出来的。20 世纪 50 年代, Land 发现在视觉信息的形成过程中,人类的视觉系统会对信息进行某种的处理,只保留反映物体本质特征的信息,如反射系数等,当大脑皮层接收到这些信息后,经过进一步的处理才能最终形成人的视觉^[7]。经过二十多年的研究 Land 提出了 Retinex 色彩理论。Retinex

收稿日期:2010-08-28;修回日期:2010-11-17

基金项目:国家自然科学基金(10828102)

作者简介:刘 辉(1987-),男,陕西咸阳人,硕士,研究方向为数字图像处理与目标识别;赵文杰,教授,硕士生导师,研究方向为遥感图像解译与目标识别。

是一个由视网膜 Retina 和大脑皮层 Cortex 这两个词组合构成的合成词。因此 Retinex 理论又被称为视网膜大脑皮层理论。Retinex 理论主要包括两方面的内容: 物体的颜色是由物体光波的反射能力决定的, 而不是由物体反射光强度的绝对值决定的; 物体的色彩不受光照非均匀性的影响, 具有一致性^[8]。

2 Retinex 图像增强基本原理

根据 Land 的理论, 图像主要由两部分构成: 一部分是场景中物体的照射光分量, 对应于图像的低频部分, 另一部分是场景中物体的反射光分量, 对应于图像的高频部分。通常它们也被称为亮度图像和反射图像^[9], 可由式(1)表示。

$$L = E \cdot R \quad (1)$$

式中, E 表示亮度图像, R 表示物体的反射图像, L 是形成图像的要素, 即被观察者或探测器接收构成的图像。其中 E 决定了图像的动态范围, R 决定了图像的内在性质。Retinex 图像增强的实质就是从原始图像中消除亮度图像的影响来获得反映图像本质特征的反射图像。

红外图像的成像机理与可见光图像不同, 但是可以类比可见光图像的成像原理做如下假设^[10]: 认为物体发射的红外辐射是物体在红外光源照射下对红外光线的反射形成的, 红外图像是由物体反射的红外辐射形成的。从而可以将 Retinex 图像增强算法应用于红外图像。

2.1 单尺度 Retinex 算法

单尺度 Retinex 增强算法的基本原理如下^[11]: 设原始图像的灰度函数为 $I(x, y)$, 亮度图像为 $L(x, y)$, 反射图像为 $R(x, y)$ 。 $G(x, y)$ 代表高斯卷积函数。则有:

$$\begin{cases} I(x, y) = L(x, y) \times R(x, y) \\ L(x, y) = I(x, y) \times G(x, y) \end{cases} \quad (2)$$

转换到对数域中, 则单尺度 Retinex 可表示为:

$$\log R(x, y) = \log[I(x, y)/L(x, y)] = \log I(x, y) - \log[I(x, y) \times G(x, y)] \quad (3)$$

高斯函数 $G(x, y)$ 可以表示为:

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad r = (x^2 + y^2) \quad (4)$$

上式中 σ 是概率分布的标准差, 是高斯滤波器的

唯一参数。标准偏差 σ 控制着图像中有多少细节信息被保留, 从而直接影响着图像增强的效果。它与滤波器操作的邻域半径 r 直接相关, r 越大则 σ 越大, 反之亦然。即通过选择不同的 σ 值来控制滤波尺度的大小来控制图像增强的效果。当选取较小的 σ 时, 能够完成图像动态范围的压缩, σ 越大, 图像动态压缩的能力减弱, 但是输出图像的颜色保真度越好。

由于单尺度 Retinex 增强算法只能选择一种尺度进行处理, 难以在图像动态范围压缩和色感一致性之间保持很好的平衡。在单尺度 Retinex 增强算法的基础上, 人们提出了多尺度 Retinex 增强算法, 它能够同时实现单尺度 Retinex 增强算法不同尺度增强的效果。

2.2 多尺度 Retinex 算法

多尺度 Retinex 增强的基本原理^[12]为:

$$R(x, y) = \sum_{k=1}^K W_k \{ \log I_i(x, y) - \log [G_k(x, y) * I_i(x, y)] \} \quad (5)$$

$i = 1, \dots, N$

上式中 (x, y) 表示在图像中像素点的坐标, $*$ 表示卷积处理。 N 表示图像颜色通道的个数。当 $N = 1$ 时, 图像为灰度图像; 当 $N = 3$ 时图像为彩色图像, 其中 $i \in R, G, B$ 。 $I_i(x, y)$ 表示输入图像的第 i 个颜色通道, $R(x, y)$ 表示增强处理的输出, $G_k(x, y)$ 为高斯滤波函数。当 $k = 1$ 时, 多尺度 Retinex 特例化为单尺度 Retinex, 此时权重 $W_1 = 1$ 。多尺度 Retinex 算法根据实际应用的需要来确定尺度个数, 通常选择高、中、低三个尺度, 将这三个尺度以不同的权重系数相结合来实现图像增强。例如取: $k = 3$, $W_1 = W_2 = W_3 = 1/3$ 。

3 改进的多尺度 Retinex 算法

在实际操作中发现, 应用多尺度 Retinex 算法增强后的红外图像虽然能够突出图像的细节, 但是图像的层次性不够明显, 对比度较低, 视觉效果不够理想。因此, 文中提出了一种改进的多尺度 Retinex 红外图像增强算法, 将传统 Retinex 增强算法中的指数还原运算用灰度线性拉伸代替, 同时对处理后的图像进行自适应对比度增强处理。从而提高了图像的层次性, 改善图像的视觉效果。其原理框架图如图 1 所示。

3.1 改进的多尺度 Retinex 算法计算步骤

(1) 转换输入图像 $S(i, j)$ 的数据类型。将图像

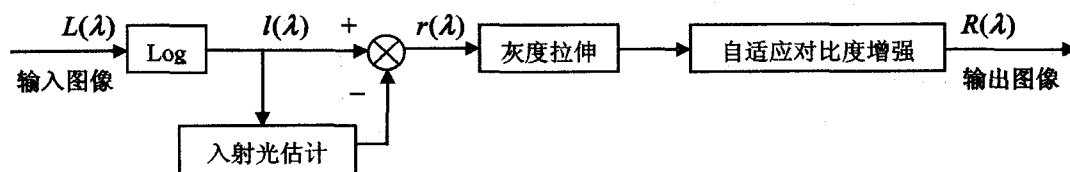


图 1 改进的 Retinex 算法原理框架图

中的像素点的灰度值的数据类型由 Byte 转换为 Double 型。

(2) 对图像 S 两边取对数, 将图像的照射光分量 E 与反射光分量 L 转化成求和的形式, 即:

$$S(i, j) = \log S(i, j) = \log(E \cdot L) = \log E + \log L \quad (6)$$

(3) 估计图像的照射光部分并取对数。用不同大小的高斯模板对图像中的每个像素点做高斯加权处理, 得到不同尺度的估计照射光图像 $E_i(x, y)$ 。

$$E_i(x, y) = \log(S(x, y) * F_i(x, y)) \quad (7)$$

其中 $F_i(x, y)$ 表示取不同尺度的高斯函数。

(4) 计算图像在对数域中的增强图像。在对数域中, 用原像素点 $S(x, y)$ 减去不同尺度高斯加权后的图像像素点 $E_i(x, y)$ 得到图像在对数域中的增强图像 $V(x, y)$ 。

$$V(x, y) = \sum_{i=1}^n W_i [S(x, y) - E_i(x, y)] \quad (8)$$

文中 $n = 3$, $W_1 = W_2 = W_3 = 1/3$ 。

(5) 对增强后的图像 $V(x, y)$ 进行线性拉伸, 使图像的灰度值覆盖整个灰度范围。

$$R(x, y) = \frac{255}{V_{\max} - V_{\min}} (V(x, y)) \quad (9)$$

(6) 对拉伸后的图像 $R(x, y)$ 进行自适应线性对比度增强处理, 得到最终的增强图像。

$$G(x, y) = \left(\frac{1}{1 + (d/R(x, y))^C} \right)^C \quad (10)$$

式中 d 为过渡值, 文中采用经典的 Ostu 算法确定 d 的值。 C 为对比度调整因子, 随着 C 值的变化, 图像的对比度将不断改变。 C 值越大, 图像的对比度越大, 反之亦然。

3.2 实验结果与比较

为了证明文中算法的有效性, 将算法处理结果分别与直方图均衡化、多尺度 Retinex 算法处理的结果进行比较。实验及比较结果如图 2 所示。

图中 σ 分别取 10、20、50。(a) 是一幅原始红外图像, 图像整体灰度值较低, 对比度不高, 视觉效果较差。(b) 为使用直方图均衡化处理的结果, 直方图均衡化处理之后的图像效果比较生硬, 图像中的噪声被放大, 处理效果较差。(c) 为传统多尺度 Retinex 算法处理之后的结果, 图像的细节得到了增强, 但是图像整体灰度值较低, 对比度不强, 视觉效果不佳。(d) 为文中算法处理结果, 增强后的图像局部细节更加清晰, 对比度明显增强。

4 结束语

红外图像对比度增强是红外图像处理的重要研究内容, 对于后续的图像分割、识别等操作具有重要的影

响。研究了基于 Retinex 理论的红外图像增强算法, 在类比可见光成像原理的基础上, 分别介绍了单尺度和多尺度 Retinex 图像增强的原理, 针对多尺度 Retinex 红外图像增强中存在的图像的对比度不强、整体灰度值较低的缺点, 提出了一种改进的多尺度 Retinex 红外图像增强算法。将传统 Retinex 增强算法中的指数还原用灰度线性拉伸代替, 同时对拉伸后的图像进行自适应对比度增强处理。

实验结果证明, 改进算法处理效果更好, 视觉效果得到了明显的改善。

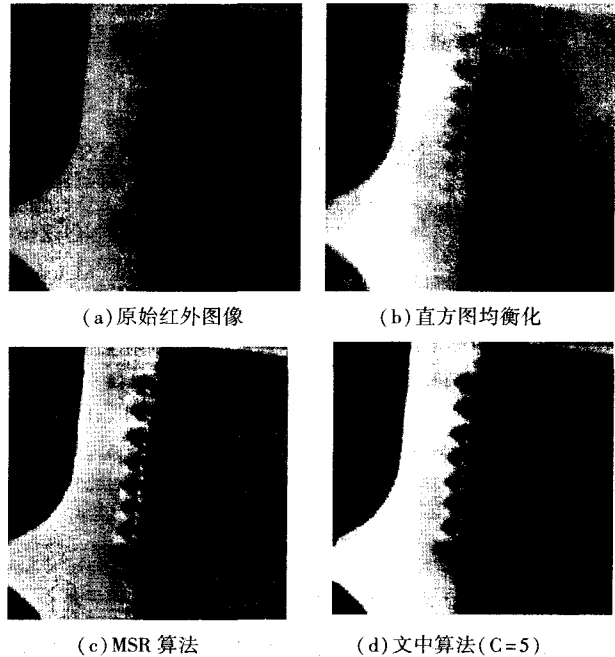


图 2 改进的多尺度 Retinex 算法比较实验结果

参考文献:

- [1] 胡明鹏, 马冬梅. 凝视型热成像系统噪声模型研究[J]. 激光与红外, 2007, 37(9): 863-866.
- [2] 张洪刚, 陈 光. 图像处理与识别[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006: 39-43.
- [3] 郑 刚, 贾振红. 同态技术在红外图像处理中的应用[J]. 光子学报, 2005, 34(9): 1401-1403.
- [4] 顾建雄, 田亚菲. 保持图像细节的红外图像直方图均衡算法[J]. 微计算机信息, 2010, 26(1): 186-188.
- [5] 刘习文, 蒋艳容, 罗显光. 一种改进的图像模糊增强算法[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(4): 50-52.
- [6] Maragos P. Differential morphology and image processing[J]. IEEE Trans Image Processing, 1996, 5(6): 922-937.
- [7] Edwin H L. The Retinex Theory of Color Vision[J]. Scientific American, 1977, 237: 108-128.
- [8] 乔小燕, 姬光荣, 陈 雾. 一种改进的全局 Retinex 图像增强算法及其仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(4): 1185-1197.

伏和形态特征显示具有一定的立体感,直观地表达地面起伏变化。首先利用 DEM 数据确定光源的方向;然后计算 DEM 单元的坡度、坡向;将光源和坡向比较面向光源的斜坡得到浅色的灰度值,背向斜坡得到深灰度值,两者之间的灰度值进一步按坡度确定。与此同时还考虑太阳的高度角问题。即计算每个 DEM 网格单元的相对辐射值或入射值,进而转换成明暗值或灰度等级。

计算公式如下:

$I_R = G_{\text{MAX}} * (\cos(A_F - A_S) * \sin(H_F) * \cos(H_S) + \cos(H_F) * \sin(H_S))$ 或

$I_R = G_{\text{MAX}} * (\cos(H_F) + \cos(A_F - A_S) * \sin(H_F) * \cos(H_S))$

A_F : 网格单元的坡向;

A_S : 太阳方位角,即光源的来向;

H_F : 网格单元的坡度;

H_S : 太阳高度角,即太阳与地面的交角。

3.2 模型数据准备和图像绘制

在多边形法图像绘制时,几何模型的绘制都是以 glBegin 函数开始与 glEnd 函数结束之间完成的。多边形法模型绘制时要在 glBegin 函数里定义多边形参数 GL_QUADS。模式定义完成后,方可添加模型绘制代码。OpenGL 系统提供了绘制函数 glVertex(X, Y, Z)。这里的 X, Y 大小是相等的,显示某一格点气象数据场的每一格点的经纬度可由格点号乘以格距求得,而 Z 就代表气象数据的格点场的数值。

利用格点气象要素场的值设置模型颜色:

格点气象要素场绘制好后是单色的,三维展示的效果不理想,因此要使用不同的色彩加强效果。系统中给出的三维几何模型的颜色也是在 glBegin 和 glEnd 函数之间进行设置。由函数 glColor 来进行,其中函数参数的设置根据气象要素场值的变化做相应改变。系统通过对不同格点要素场的值进行分级别处理来进行色彩控制,不同的格点要素场根据不同的分级来对应不同的颜色模型,格点要素场显示已经初步建立完成了,但是美中不足的是没有实景的写实效果,由于要素场每天都在变化,给出纹理方法来达到实景的写实是不现实的。但可以利用光照模型来基本实现^[12],如何真正达到实际效果本软件还有很多问题没有解决。

3.3 图像保存方法

产生的图像一方面进行实时显示,另外一方面要进行 WEB 分布,因此需要对产生的图像进行保存,方法是利用读取屏幕像素点的方法来进行的,首先计算可视屏幕的大小,利用 Windows API 函数得到屏幕像素的 RGB 值,通过 Windows GDI+ 的函数把在内存中位图保存为 JPEG 图像供网站使用。

4 结束语

本软件系统是一个实时运行系统,由获取时实时资料并通过三次曲面光滑后实时显示图像和进行 WEB 分布,在实际业务中给天气预报人员以三维直观的图像。从而加深对天气系统内在规律的认识。而系统在要素场的真实显示效果方面还有欠缺需要改进。

参考文献:

- [1] 徐安凤,李金莱,姚春光. 非规则三维数据的曲面拟合方法[J]. 计算机工程与应用,2009,45(20):234-235.
- [2] 杨国权,王 春,蔡玉俊. 一种散乱数据曲面拟合算法[J]. 机械设计与制造,2005,10(10):29-30.
- [3] 何炳蔚,林志航. 多个 B 样条曲面光滑重建技术研究[J]. 计算机应用研究,2003,20(6):52-54.
- [4] 陈丽娜. 基于平面矢量场的可视化方法的研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(5):108-110.
- [5] 狄翠萍,申同春,刘 双. 大规模油藏三维显示系统关键技术的研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(2):237-240.
- [6] Heam D. Computer Graphics with OPENGL(3e)[M]. 蔡士杰译. 北京:电子工业出版社,2005.
- [7] 王宗敏,杨海波,秦红艳. 基于 DEM 的水库三维可视化研究[J]. 计算机工程,2006,32(18):234-236.
- [8] 沈郑燕,桑恩方,李元首. 基于 OpenGL 的多波束剖面声纳数据 3D 可视化[J]. 计算机工程,2009,35(12):198-200.
- [9] 刘 军,金 耀. 基于 VC6.0 和 OpenGL 的三维试衣系统研究[J]. 计算机应用研究,2008,25(12):3824-3825.
- [10] 江兆尧,路 游,贾广忠,等. 基于 OpenGL 的光线投射算法的研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(3):218-220.
- [11] Levoy M. Efficient Ray Trading of Volume Data[J]. ACM Transactions on Graphics,1990,9(3):245-261.
- [12] Drebin R A, Carpenter L, Hanrahan P. Volume Rendering[J]. Computer Graphics,1998,22(4):65-74.

(上接第 107 页)

- [9] Kimmel R, Elad M. A Variational Framework for Retinex[J]. International Journal of Computer Vision, 2003, 52(1):7-23.
- [10] 雷美荣,杨进华,张金泉. 基于 Retinex 理论的红外图像的边缘增强算法[J]. 长春理工大学学报,2008,31(2):11-

13.

- [11] Land E. Recent advances in Retinex theory [J]. Vision Research,1986, 26(1):7-21.
- [12] 赵艳飞,高清维,卢一相. 基于多尺度 Retinex 算法的遥感图像增强[J]. 计算机技术与发展,2008,18(2):70-73.