

同态技术在红外图像处理中的应用

郑 刚 贾振红*

(新疆大学 信息科学与工程学院, 乌鲁木齐 830046)

摘 要 针对噪声引起的红外图像对比度的下降, 采用同态滤波增强方法对红外图像进行校正, 减小了噪声的影响, 提高了原图像的对比度和像质, 为进一步提取图像中的特征信息打下了良好的基础. 通过计算机模拟分析和验证, 证实了同态滤波是红外图像对比度增强的有效预处理方法.

关键词 红外图像; 同态滤波; 对比度增强

中图分类号 O434.3 **文献标识码** A

0 引言

由于受红外成像探测器件本身及信号传输过程的影响, 实际获取的红外图像包含了各种噪声. 为了提高信噪比, 改善图像质量, 对成像质量差的红外图像进行增强并进一步进行目标识别一直是红外热像仪应用领域的客观需要^[1]. 红外图像对比度增强, 一般可以采用灰度变换法和直方图修整法. Wallis 提出了用局部均值和方差进行对比度增强的方法^[2]. 这几种方法的共同缺点是在增强对比度的同时放大了噪声, 导致目标的不明确. 非线性滤波器能够在很好地保护细节的同时, 去除信号中的噪声. 同态滤波器就是一种非线性滤波器, 其处理是一种基于特征的对比度增强方法, 主要用于减少由于光照不均匀引起的图像降质, 并对感兴趣的景物进行有效地增强^[3-5]. 本文先假设了一个由于光照不均而产生的近红外模型, 利用同态处理技术, 通过对其特性的研究, 达到了良好的图像重构和对比度增强. 最后, 把相应的同态处理系统模型用于真正的红外图像处理, 也取得了良好的效果.

1 近红外图像模型

1.1 模型介绍

对近红外图像的研究, 国外开展的比较早, 提出了一些数学模型来模拟仿真它. 目前已发展了 4 种类型的模型: 几何等模型、辐射模型、混合模型和计算机模拟模型. 本文将提出一种新的复合模型, 它兼有辐射模型的光照特性, 又具有计算机模拟模型易于编程实验的优点, 且原理简单. 根据文献^[6, 7], 首先, 一般图像都是由光源产生的照度场 $i(x, y)$ 和目标的反射场 $r(x, y)$ 共同作用下产生的, 两者的关系如下

$$f(x, y) = i(x, y) \times r(x, y) \quad (1)$$

由于 $i(x, y)$ 是表示图像所获的照明参数, 越是靠近图

像的中央, 图像的光照强度越高, 相反, 周围越低. 所以, 图像的光照强度的衰减程度主要依赖于离图像中央的距离. 因此, 可以合理地提出一个照度场的模型, 把 $i(x, y)$ 看成服从一个二维高斯函数

$$i(x, y) = \alpha \exp \left[- \left(\frac{x-i-25}{2\sigma_x} \right)^2 - \left(\frac{y-j-25}{2\sigma_y} \right)^2 \right] \quad (2)$$

式中, α 是归一化因子, i 代表行坐标, j 代表列坐标, 产生的图像大小为 $M \times N$. σ_x 和 σ_y 是控制图像亮度在 x 和 y 方向上的衰减速率, 图 1 是仿真的高斯照度模拟模型产生的效果图及其轮廓图.

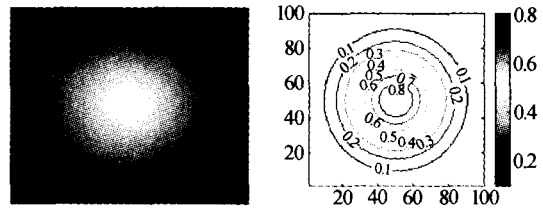


图 1 高斯照度场及其轮廓图

Fig. 1 Gaussian intensity of illumination and its outline picture

取一张普通光线下的图像 (如图 2), 然后, 把产生的高斯照度源加入其中, 就仿真出近红外图像, 仿真的具体效果如图 3.



图 2 原始图像
Fig. 2 Original image



图 3 加入高斯照度后的效果

Fig. 3 Result image joined with gaussian model

*Tel: 0991-8582028 Email: zgcat@126.com

收稿日期: 2004-06-29

1.2 同态处理技术

1.2.1 利用同态处理分离出照度场

傅里叶变换普遍用于研究图像的频域特性. 根据公式(1), 对其进行傅里叶变换, 但由于

$$F\{f(x,y)\} \neq F\{i(x,y)\}F\{r(x,y)\} \quad (3)$$

式中, F 代表傅里叶变换. 所以为了将 $i(x,y)$ 和 $r(x,y)$ 分开, 对式(3)两边取对数, 得

$$\ln f(x,y) = \ln i(x,y) + \ln r(x,y) = i'(x,y) + r'(x,y) \quad (4)$$

对式(4)两边进行傅里叶变换, 得

$$Z(u,v) = F\{\ln f(x,y)\} = F\{i'(x,y) + F\{r'(x,y)\} = F_i(u,v) + F_r(u,v) \quad (5)$$

假设对于照度场有先验知识, 那就可以估计出 $F_r(u,v)$ 的内容, 为了研究频域在照度场的分布, 用前面假设的高斯模型, 修改后为

$$i(x,y) = \alpha \exp \left[-\left(\frac{(x-0.5)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-0.5)^2}{2\sigma_y^2} \right) \right] \quad (6)$$

对其取对数, 得

$$i'(x,y) = \ln i(x,y) = -\left[\frac{(x-0.5)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-0.5)^2}{2\sigma_y^2} \right] + \ln \alpha \quad (7)$$

只要给定参数 σ_x, σ_y 和 α 值, 照度场的傅里叶变换 $F_i(u,v)$ 的值就可以计算出来. 定义 t_1 为反射场的傅里叶变换的幅值, 则 $t_1 = \|F_r(u,v)\|$, t_2 为照度场的傅里叶变换的幅值, 则 $t_2 = \|F_i(u,v)\|$. 通过研究发现, 照度场的频谱函数主要集中于低频段, 而反射场频谱函数主要集中于中频和高频^[8]. 因此, 使用一个滤波函数就可以进行方便的处理.

1.2.2 同态滤波

设计一个滤波函数 $H(u,v)$, 对图像的频谱函数 $Z(u,v)$ 进行处理, 其输出为

$$S(u,v) = Z(u,v)H(u,v) = F_i(u,v)H(u,v) + F_r(u,v)H(u,v) \quad (8)$$

傅里叶反变换为

$$s(x,y) = F^{-1}\{S(u,v)\} = F^{-1}\{F_i(u,v) \cdot H(u,v)\} + F^{-1}\{F_r(u,v)H(u,v)\} = i''(x,y) + r''(x,y) \quad (9)$$

式中, F^{-1} 代表傅里叶反变换. 为了获得对比度增强的图像 $g(x,y)$, 其等于

$$g(x,y) = \exp^{s(x,y)} \quad (10)$$

滤波器设计采用修改后的高斯型高通滤波器, 具体表达式如下

$$H(u,v) = (r_H - r_L) \left(1 - \exp \left[-\left(\frac{u^2}{2D_u^2} + \frac{v^2}{2D_v^2} \right) \right] \right) + r_L \quad (11)$$

式中, $r_L < 1, r_H > 1$ 是调节系数, D_u 和 D_v 是距离参数. 通过控制 r_L, r_H 的大小, 就可以完成压低低频部分, 从而相对地放大了中频和高频部分的功能.

1.2.3 仿真实验

通过修改同态滤波器的参数, 对前面产生的近红外模型进行处理, 以达到图像增强的最佳效果. 图4就是给定参数 $r_H = 2, r_L = 0.5, D_u = D_v = 0.25$ 时的结果.



图4 同态处理后的效果

Fig. 4 Result image after homomorphic filtering

2 同态处理用于实际红外图像的增强和重构

红外成像系统是对景物的红外辐射进行近似线性响应, 从而导致红外图像具有高相关性, 信号的变化范围较小, 对比度较低, 图像中的目标与环境往往模糊一片. 红外图像内有价值的信息是局部灰度的波动, 即表征某一景物的灰度区域. 而红外图像对比度增强, 一般可以采用灰度变换法和直方图修整法. 本文前面肯定了模型处理的效果, 下面的实验, 则将同态滤波用于一幅红外图像的实际处理. 图5(a)就是原始的红外图像, 图5(c)是其灰度的直方图, 可以看出其分布很不均匀, 对比度低. 针对这种情况, 采用前面验证的同态滤波处理, 调整其内部的滤波器参数, 经过多次实验, 最终, 图5(b)是处理后的图像. 可以看出不但图像的对比度增强了, 图像本

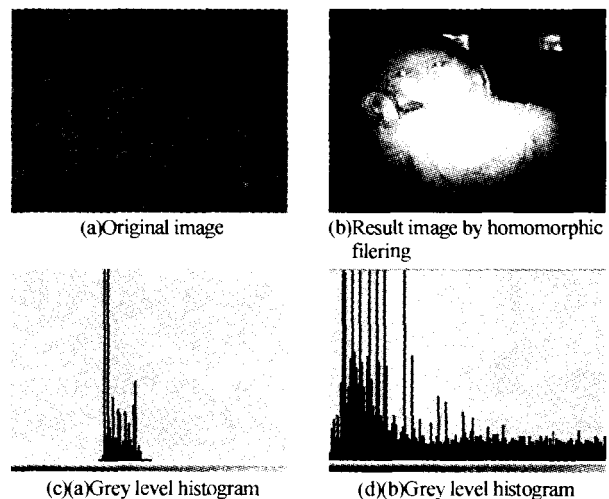


图5 最终实验效果图

Fig. 5 The last result picture of experiments

身也得到了重构。

需要注意的是,同态滤波时,对图像进行对数运算,如有零值,则会发生浮点溢出错误。所以,在误差范围内,首先应对图像进行无零化处理,比如可以加入一定较小的正值。

3 结论

针对红外图像的特性,本文先设计了一个近红外图像的模型进行处理。经过校正后,增强了图像对比度。最后,把此同态系统用于实际的红外图像处理,同样得到了良好的效果。所以,通过理论分析和实验验证可知,同态滤波增强算法,可以作为一种有效的红外图像处理的预处理算法。

参考文献

- 1 徐军,向健华,梁昌洪. 最大化背景模型用于检测红外图像中的弱小目标. 光子学报,2002,31(12):1484~1486
Xu J, Xiang J H, Liang C H. *Acta Photonica Sinica*, 2002,31(12):1484~1486
- 2 Wallis R. An approach to the space variant restoration and enhancement of images. Proc Symp on Current Mathematical Problems in Image Science, Navel Postgraduate School, Monterey, CA, 1976. 235~241
- 3 Brinkman B H, Manduca A, Robb R A. Optimized homomorphic unsharp masking for MR grayscale inhomogeneity correction. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 1998,17(2):161~171
- 4 Liviu Voicu, Myler H R, Weeks A R. Practical considerations on color image enhancement using homomorphic filtering. *Journal of Electronic Imaging*, 1997,6(1):108~113
- 5 Fries R W, Modestino J W. Image enhancement by stochastic homomorphic filtering. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 1979, 27(6):625~637
- 6 刘政凯,等. 数字图像恢复与重建. 合肥:中国科技大学出版社,1989. 143~146
Liu Z K, et al. The digital picture resuming and rebuilding. Hefei: Publishing house of Chinese University of Science and Technology, 1989. 143~146
- 7 姚天任,孙洪. 现代数字信号处理. 武汉:华中科技大学出版社,1999. 167~169
Yao T R, Song H. Modern digital signal process, Wuhai: Publishing house of Central China University of Science and Technology, 1999. 167~169
- 8 陈智,王国志,丰善,等. 同态滤波预处理在微粒场全息图图像处理中的应用. 光子学报,2004,33(2):167~169
Chen Z, Wang G Z, Feng S, et al. *Acta Photonica Sinica*, 2004,33(2):167~169

Application of Homomorphic Technology in Infrared Images Processing

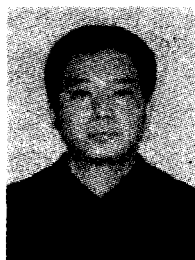
Zheng Gang, Jia Zhenhong

Information Science & Engineering, University of Xinjiang, Urumqi 830046

Received date: 2004-06-29

Abstract In order to improve the contrast of infrared image, a method of homomorphic filtering for image enhancement is proposed. By use of the method, the influences of noises are reduced and the contrast and quality of original images improved. A good foundation is built in order to collect the characteristic information in the images further. The computer simulation and experiment results show that homomorphic filtering is an efficient method for contrast enhancement of infrared images.

Keywords Infrared image; Homomorphic filtering; Contrast enhancement



Zheng Gang was born in 1976 in Xinjiang Province. He received B. S. degree from School of Electronic Engineering, Xinjiang University in 1998. In 2002 he began pursuing his education toward Master's Degree. His current research interest is communication and network system.