

文章编号: 1672-8785(2012)07-0025-04

基于积分图像的红外图像降噪去条带方法

江月松 王龙奇

(北京航空航天大学电子信息工程学院, 北京 100191)

摘 要: 针对红外图像中普遍存在的高噪声与边缘模糊问题, 提出了一种新的红外图像处理方法。基于积分图像理论, 结合高频增强滤波法, 给出了红外图像降噪去条带算法, 设计了软件并实现了处理效果。仿真结果表明, 与传统的方法相比, 该方法具有速度快、自适应能力强和条带去除明显等优势, 并可以尽可能多地保留原始图像的细节特征。

关键词: 降噪; 去条带; 积分图像; 高频增强

中图分类号: TP715.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2012.07.006

Method of Noise Reducing and Strip Removing for Infrared Image Based on Integral Image

JIANG Yue-song, WANG Long-qi

(School of Electronic and Information Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: To solve the problem of high noise and edge blur commonly present in infrared images, a new infrared image processing method is proposed. According to the theory of an integral image, the noise reducing and strip removing algorithm combined with a high frequency enhance filter is given. The special software is designed and good processing effectiveness is obtained. The simulation result shows that compared with the traditional method, this method has the advantages of high speed, good adaptability and obvious strip removal ability and can retain the details in the original image as many as possible.

Key words: noise reduction; remove strip; integral image; high frequency enhance

0 引言

红外线具有一定的穿透烟、雾、雨、雪以及伪装的能力, 可以实现远距离、全天候观察。但是由于红外探测单元响应的不一致性、光机扫描系统和外界干扰等原因, 红外图像具有一定的非均匀性, 表现为噪声、条带和畸变等^[1], 这会严重影响人们对图像的判读, 所以图像的后期处理至关重要。本文在目前众多研究的基础上提出一种基于积分图像的降噪去条带算法, 以改进以前算法数据处理量大、耗时多和细节丢

失严重等缺点, 从而实现对红外图像的快速、高质量处理。本文主要分五个部分: 第一部分分析含噪图像的特点; 第二部分阐述传统的降噪算法; 第三部分构建新的降噪去条带算法; 第四部分为仿真验证; 第五部分为结束语。

1 含噪图像的特点

大量仿真计算结果表明, 对于一般的图像, 相邻像素的灰度高度相关, 其差值主要集中在零或绝对值很小的范围内。差值可利用高斯分布

收稿日期: 2012-04-12

作者简介: 王龙奇 (1985-), 男, 河南洛阳人, 硕士研究生, 主要从事图像处理研究。E-mail: lqwang.2006@163.com

逼近^[2]：

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (1)$$

式中, $p(x)$ 为像素 (x, y) 与相邻像素之间的相关程度。当像素 (x, y) 的灰度值与其邻域灰度均值的差值 $|d| > 3\sigma$ 时, 此像素点为噪声的概率为 99.74%, 像素点为非噪声而被误判为噪声的概率为 0.26% (是小概率事件)。相邻像素间的灰度相关普遍存在于各种原始图像中, 可以作为先验知识用于图像处理^[3]。

2 经典降噪方法及其不足

经典降噪处理方法主要包括均值滤波法、维纳滤波法和中值滤波法。

均值滤波法是一种非常简便、灵活的降噪方法。它先将原图像中一个像素的灰度值与邻域像素的灰度相加, 然后再将求得的均值作为新图像中该像素的灰度值。其数学表达式为^[2]

$$G(i, j) = \frac{1}{N \cdot N} \sum_{x=i-m}^{i+m} \sum_{y=j-m}^{j+m} F(x, y), \quad m = \frac{N-1}{2} \quad (2)$$

式中, N 为采样窗口的大小, $F(x, y)$ 为原图像的灰度值, $G(x, y)$ 为处理后图像的灰度值。均值滤波算法比较简单, 计算速度快。选取的窗口越大, 平滑效果越好, 但对图像的细节削弱较大, 可能会产生较大误差。

维纳滤波法的数学表达式为^[4-5]：

$$\delta^2 = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{(x,y)=L} [F^2(x, y) - G^2(i, j)] \quad (3)$$

式中, $F(x, y)$ 为原始图像中像素 (x, y) 的灰度值; $G(i, j)$ 为邻域像素的平均值; δ 为二者的方差值; 邻域大小为 $M \times N$ 。但是由于维纳滤波法不能用于非平稳随机过程, 而且也不适用于向量情况, 所以在实际中应用得并不多。

中值滤波器是一种基于统计排序理论的非线性滤波器。该方法先统计出红外图像所有像素的灰度信息, 然后将其按照大小顺序进行排

列, 并用邻域灰度的中值代替原来的像素值。其数学表达式为

$$G(i, j) = \text{Mid}_{(x,y) \in L} \{F(x, y)\} \quad (4)$$

式中, L 为选定的邻域。但是对于包含细节较多的图像来说, 由于噪声点汇集在一定的区域范围, 中值滤波算法所依赖的原始信息受到干扰和破坏, 造成图像高频信息 (细节) 丢失。

3 基于图像积分的降噪去条带算法

本文提出的降噪去条带算法主要包括利用图像积分和平方积分算法快速计算灰度均值和方差、图像降噪和图像去条带三部分。

3.1 利用图像积分和平方积分算法快速计算灰度均值和方差

3.1.1 积分图像

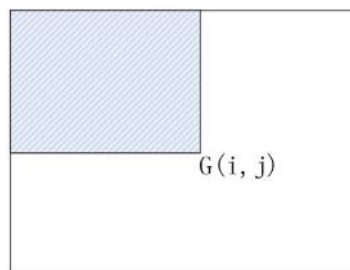


图 1 积分图像

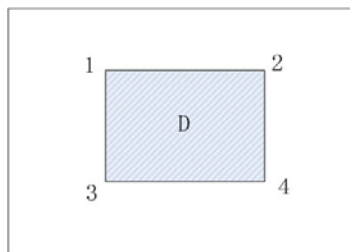


图 2 积分图像算法

积分图像点 $G(i, j)$ 表示图 1 所示阴影区域的灰度总和, 其计算公式为

$$G(i, j) = \sum_{x \leq i, y \leq j} F(x, y) \quad (5)$$

式中, $G(i, j)$ 表示积分图像, $F(i, j)$ 表示原始图像。它们可以用式 (6) 迭代得到^[6]：

$$\begin{cases} g(i, j) = g(i, j-1) + F(i, j), & g(i, -1) = 0 \\ G(i, j) = G(i-1, j) + g(i, j), & G(-1, j) = 0' \end{cases} \quad (6)$$

式中, $g(i, j)$ 为第 j 列的灰度总和。在计算积分图像时, 只需遍历一次原始数据, 计算量很小, 可满足实时性需求。对于图 2 所示的窗口, 阴影部分 D 的积分图像可由四个顶点求出, 其公式为

$$G(D) = G(4) + G(1) - G(2) - G(3) \quad (7)$$

3.1.2 平方积分图像

引入平方积分是为了快速计算图像窗口的均值与方差。设 $S(i, j)$ 为平方积分图像, $F(x, y)$ 为原始图像, 则

$$S(i, j) = \sum_{x \leq i, y \leq j} (F(x, y) \cdot F(x, y)) \quad (8)$$

式中, $S(i, j)$ 为图 2 中阴影部分灰度值的平方和, 其计算公式为^[6]

$$\begin{cases} S(i, j) = S(i-1, j) + L(i, j), & S(-1, j) = 0 \\ L(i, j) = L(i, j-1) + F(i, j) \cdot F(i, j), & L(i, -1) = 0 \end{cases} \quad (9)$$

式中, $L(i, j)$ 为第 i 列的平方积分。图 2 中阴影部分 D 的平方积分计算公式为

$$S(D) = S(4) + S(1) - S(2) - S(3) \quad (10)$$

3.1.3 计算均值与方差

假设图像窗口的高为 M 像素, 宽为 N 像素, 窗口灰度均值为 μ , 方差为 δ , 窗口灰度矩阵为 $F[x][y]$, 则

$$\mu = \frac{\sum_{x=M-i}^i \sum_{y=N-j}^j F[x][y]}{M \cdot N} = \frac{G(i, j)}{M \cdot N} \quad (11)$$

$$\delta^2 = \frac{\sum_{x=M-i}^i \sum_{y=N-j}^j (F[x][y] - \mu)^2}{M \cdot N} = \frac{S(i, j)}{M \cdot N} - \mu^2 \quad (12)$$

运用此方法时, 只需对窗口进行一次遍历, 避免了对每一个窗口进行遍历, 提高了计算效率和准确度。

3.2 算法分析

3.2.1 降噪算法

选取点 F 的八邻域为处理窗口, 如图 3 所示。用式 (5) 和式 (6) 求出此窗口的积分图像值

$G(i, j)$, 并由式 (11) 算出窗口内除点 F 外其他八个点的平均值:

$$\bar{\mu} = \frac{G(i, j)}{8} \quad (13)$$

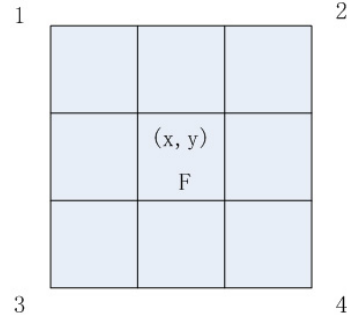


图 3 八邻域窗口

通过式 (12) 计算点 F 与均值的差值:

$$\bar{\sigma} = |\bar{\mu} - F(x, y)| \quad (14)$$

在红外图像中, 同一行相邻像素的灰度值相差不大, 但是同一列相邻像素的灰度值相差较大。所以在进行降噪处理时, 将行与列分开, 选取不同的差值进行计算。

$$F(x, y) = \begin{cases} F(x, y), & \bar{\sigma} \leq w \\ \bar{\mu}, & \bar{\sigma} > w \end{cases} \quad (15)$$

式中, w 为所取差值。可以根据图像窗口所选区域自适应, 其取值为

$$w = \begin{cases} 3\% \cdot f(x, y), & \text{行} \\ 30\% \cdot f(x, y), & \text{列} \end{cases} \quad (16)$$

对行与列取不同的值, 大大提高了降噪精度, 避免了误差操作, 减少了细节损失。

3.2.2 高频增强算法

本算法采用高频增强滤波器, 这样可以减少高频信息丢失, 增加边缘锐度, 增加图像的可

读性。引入算子 $T = \begin{bmatrix} -3.0, & -3.0, & -3.0 \\ -3.0, & -33.0, & -3.0 \\ -3.0, & -3.0, & -3.0 \end{bmatrix}$,

变换关系为

$$Z_{x,y} = \lambda_1 F_{x,y} + \lambda_2 F_{x,y} \otimes T \quad (17)$$

式中, $Z_{x,y}$ 为滤波后的图像; $F_{x,y}$ 为原始图像; λ_1 和 λ_2 为权重因子, 它们的值可以根据噪声种

类和严重程度进行调整,避免了不同情况下采用相同值所造成的数据丢失现象。

3.2.3 去条带算法

$$Z_{x,y} = \lambda_3 \cdot F_{x,y}, \lambda_3 = \frac{G(x,y)}{Sum[i]} \quad (18)$$

式中, $Z_{x,y}$ 为去条带后的图像; $F_{x,y}$ 为原始图像; λ_3 为拉伸因子; $G(x,y)$ 为所选窗口的图像灰度和,即积分图像,可由式(5)和式(6)求得; $Sum[i]$ 为第 i 列的图像灰度总和。此算法主要是先通过上述积分图像方法求出灰度直方分布,

然后根据直方图判断出拉伸因子,进而去除条带的。

4 仿真结果

本文采用由某型号红外相机采集到的图像作为实验对象(大小为 540×11500)。采用 Microsoft Visual Studio 2005 软件平台和 C++ 语言进行了设计。图 4 和图 5 分别为原始图像和处理后的图像。

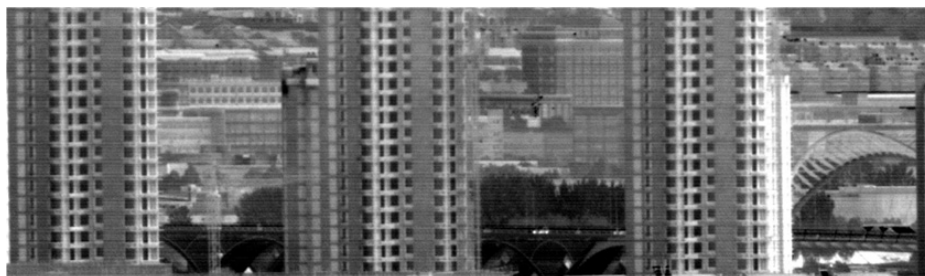


图 4 原始图像及其灰度直方图



图 5 处理后的图像及其灰度直方图

5 结束语

从图 4 和图 5 中可以看出,用本文提出的算法进行处理后,原始图像中的噪声和条带已被明显去除,而且图像的边缘信息保存完好。灰度直方图中的噪声点被去除了,直方图变得均匀了。基于本算法设计的软件已经用于实际的红外图像处理工程中。由于计算量明显小于传统算法,该算法在批量处理数据时的优势尤为明显。

参考文献

[1] 高阳, 张科, 李言俊. 低信噪比红外图像的快速

统计法边缘提取 [J]. 红外与激光工程, 2005, 34(4): 459-463.

[2] 沈启松. 红外图像的降噪技术与实现 [J]. 医疗装备, 2010, 23(10): 1-3.

[3] 王博. 高噪声率红外图像直方图加权滤波算法 [J]. 红外与毫米波学报, 2007, 26(5): 380-385.

[4] Changjiang Z, Xiaodong W, Haoran Z, et al. A Reducing Multi-Noise Contrast Enhancement Algorithm for Infrared Image [C]. Washinton: ICICIC, 2006.

[5] 胡海平, 莫玉龙. 基于贝叶斯估计的小波阈值图像降噪方法 [J]. 红外与毫米波学报, 2002, 21(1): 74-76.

[6] 邵平, 杨路明, 黄海滨, 等. 基于积分图像的快速模板匹配 [J]. 计算机科学, 2006, 33(12): 225-229.