

# 一种消除遥感影像中大气紊流的快速算法

吕萌

(燕山大学 信息科学与工程学院, 河北 秦皇岛 066004)

**摘要:** 根据大气紊流的特点建立了使图像退化的点扩展函数(PSF)模型, 简要说明了近年来所用的LRW算法、迭代盲去卷积算法, 提出了基于自相关函数的维纳(Wiener)滤波算法对退化图像进行快速处理。图像复原实验的结果表明, 基于自相关函数的维纳(Wiener)滤波算法优于LRW算法和迭代盲去卷积算法。

**关键词:** 大气紊流; LRW算法; 迭代盲去卷积; 维纳(Wiener)滤波

中图分类号: TN919.8, TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)16-0047-03

## A fast kind of algorithm for eliminating the atmospheric turbulence in remote sensing images

LY Meng

(College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

**Abstract:** According to the characteristics of atmospheric turbulence, the point spread function (PSF) of image degradation can be created. The LRW algorithm and iterative blind deconvolution algorithm used in recent years are depicted briefly in this article, the Wiener filtering algorithm based on self-correlation function is advanced for recovery of degraded image processing. Experimental results show that the Wiener filtering method based on the self-correlation function is better than LRW algorithm and iterative blind deconvolution algorithm.

**Key words:** atmospheric turbulence; LRW algorithm; iterative blind deconvolution; Wiener filtering

大气紊流的存在通常使遥感影像变得很模糊, 这给后续阶段的目标判读造成了很大的困难。近年来, 许多文献提出了复原退化图像的方法, 如参考文献[1]对基于LRW算法的图像复原方法进行了研究; 参考文献[2]采用了盲去卷积的方法, 详细分析了该方法的原理; 参考文献[3-5]所用的图像复原方法主要是迭代盲去卷积算法。这些方法在处理某一特定问题时, 能很好地复原图像, 但是不能解决较为一般的问题, 而且运算复杂, 不具有实时处理的功能。本文简要分析各个算法的特点, 提出了大气紊流的近似数学模型和基于自相关函数的维纳滤波算法来复原遥感影像, 并通过对比说明该算法的优越性。

### 1 大气紊流的近似数学模型

大气紊流是影响遥感影像成像的一个很大的影响因素, 由大气紊流产生的模糊现象与很多因素如温度、风速、曝光时间等都有关系。对于气流来说, 虽然其踪迹

难以确定, 但是对于图像采集的某一时刻而言, 可以将导致其模糊的点扩散函数用匀速直线运动来近似。

对于在匀速直线运动影响下的图像, 根据其先验知识, 点扩展函数(退化函数)可以描述为:

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{d}, & 0 \leq |x| \leq d \cos \alpha, y = d \sin \alpha \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $d$  为点扩展函数 PSF 的尺度,  $\alpha$  为点扩展函数相对于水平方向的角度。

### 2 LRW (Lucy Richardson and Wiener) 算法

LR (Lucy Richardson) 算法是直接由贝叶斯统计推导出来的。设  $\psi$  为真实信号,  $\tilde{\phi}$  为观测信号, 它们之间的关系为<sup>[1]</sup>:

$$\tilde{\phi}(x) = \int \psi(\xi) P(x|\xi) d\xi \quad (2)$$

其中  $P$  为已知的概率函数。由贝叶斯条件概率定理知,

# 图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

根据贝叶斯条件概率定理推导可得, Lucy Richardson 算法的图像离散形式可以表示为:

$$\psi^1 = \tilde{\phi}; \phi^i = \psi^i \otimes P; \psi^{i+1} = \psi^i \left( \frac{\tilde{\phi}}{\phi^i} \otimes P \right) \quad (3)$$

其中,  $\tilde{\phi}$  是观测图像,  $P$  为点扩散函数,  $\otimes$  表示卷积运算,  $\psi^i$  表示第  $i$  次迭代的结果。

最后使用 Wiener 自适应滤波器进行除噪。Wiener 自适应滤波器可以表示为:

$$D(x,y) = \mu + \frac{\sigma^2 - \gamma^2}{\sigma} (N(x,y) - \mu) \quad (4)$$

其中,  $N(x,y)$  为含噪声图像,  $D(x,y)$  是除噪后图像,  $\mu$  为局部平均值,  $\sigma^2$  为局部方差,  $\gamma^2$  为整幅图像的方差。

### 3 迭代盲去卷积算法

一个退化的图像  $g(m,n)$  与原始图像  $f(m,n)$  以及点扩散函数  $h(m,n)$  的卷积为:

$$g(m,n) = f(m,n) \times h(m,n) \quad (5)$$

在很多情况下, 原始图像  $f(m,n)$  需要借助  $h(m,n)$  来估测, 因此可以采用快速傅里叶变换为基础的算法, 在图像与频率域间交替变换运算, 并在每个过程中将限制条件考虑进来, 在第  $k$  次迭代时, 傅里叶的条件限制可写成<sup>[4]</sup>:

$$H_{k+1}^-(u,v) = \frac{G(u,v)F_k'(u,v)}{|F_k'(u,v)|^2 + \frac{C}{|H_k^-(u,v)|^2} \lambda} \quad (6)$$

$$F_{k+1}^-(u,v) = \frac{G(u,v)H_k'(u,v)}{|H_k'(u,v)|^2 + \frac{C}{|F_k^-(u,v)|^2} \lambda} \quad (7)$$

其中, 参数  $\lambda$  是加性噪声的扰动量;  $C$  是常量, 由图像受噪声污染的先验知识来决定。为了得到比较满意的图像复原结果, 选择估计这个参数值比较重要<sup>[5]</sup>。

### 4 基于自相关函数的维纳滤波算法

在建立引起图像退化的点扩展函数(式(1))后, 为了更好地消除模糊, 引入原图像  $f(x)$  的自相关函数:

$$|F(u,v)|^2 = \int [f(x) \circ f(x)] \quad (8)$$

其中, “ $\circ$ ” 表示相关操作,  $\int$  为傅里叶变换。

因为维纳滤波是寻找一个滤波器, 使得复原图像  $f'(x)$  与原图像  $f(x)$  的均方误差最小, 即  $E\{[f'(x,y) - f(x,y)]^2\}$  为最小, 所以由维纳滤波器得到的原图像估计为:

$$F'(u,v) = \frac{1}{H(u,v)} \times \frac{|H(u,v)|^2}{|H(u,v)|^2 + \frac{P_n(u,v)}{P_f(u,v)}} G(u,v) \quad (9)$$

其中,  $|H(u,v)|^2 = H^*(u,v)H(u,v)$ ,  $H^*(u,v)$  是退化函数  $H(u,v)$  的复共轭;  $P_n(u,v)$  是噪声功率谱,  $P_f(u,v)$  是原始图像功率谱。而在实际应用中,  $P_n(u,v)$  和  $P_f(u,v)$  难以计算, 可用下面的式子估算:

$$F'(u,v) = \frac{1}{H(u,v)} \times \frac{|H(u,v)|^2}{|H(u,v)|^2 + \gamma} G(u,v) \quad (10)$$

其中,  $\gamma$  为信噪比 ( $\gamma = P_n(u,v)/P_f(u,v)$ )。

### 5 实验

在使用航空设备采集图像时, 会遇到各式各样的大气紊流。本文采用某水利枢纽(空间分辨率为 10 m, 视角高度为 3.48 km)作为实验对象。

图 1(a) 和图 2 是三种算法处理不同噪声影响后的结



(a) 采用 LRW 算法恢复后的图像 (b) 采用迭代盲去卷积复原后的图像 (c) 采用本文算法复原后的图像

图 1 三种算法复原后的影像(扰动量为 13 pixel, 角度为 40°)



(a) 采用 LRW 算法恢复后的图像 (b) 采用迭代盲去卷积复原后的图像 (c) 采用本文算法复原后的图像

图 2 三种算法复原后的影像(扰动量为 2 pixel, 角度为 10°)

果对比图,图 2(a)是采用 LRW 算法处理后的图像,图 2(b)采用的是迭代盲去卷积算法,图 2(c)采用的是本文算法。图 1 中的加性噪声的扰动量为 13 pixel, 角度为 40°,用来模拟较大的大气紊流;图 2 中的加性噪声的扰动量为 2 pixel, 角度为 10°, 用来模拟较小的大气紊流。

表 1 为三种算法的关键数据对比表,其中匹配程度是指复原图像与原图像的相似程度,完全匹配是 100%,不匹配是 0;耗时是指处理过程所用时间。由表 1 可知,运用本文提出的基于自相关函数的维纳滤波算法,实现了对图像的快速处理,并且效果优于其他两种方法,为以后进行目标的实时性识别做了很好的图像预处理工作。

本文提出的基于自相关函数的维纳滤波算法,简单易行,能很好地处理受大气紊流影响的遥感影像。采用本文采用算法处理后的复原图像,与原图像匹配程度高,并且运行速度快,能够实现实时性操作,优于 LRW 算法和迭代盲去卷积算法。

#### 参考文献

- [1] 钟金辉,彭荫荣,王万迎,等.基于 Lucy 算法的散焦图像复原[J].微计算机信息(管控一体化),2009,25(5-3):279-280.
- [2] VURAL C, SETHARES W A. Blind image deconvolution

表 1 三种算法的关键数据对比表

算法	扰动量为 13pixel, 角度为 40°		扰动量为 2pixel, 角度为 10°	
	与原图像的匹配程度/%	耗时/s	与原图像的匹配程度/%	耗时/s
LRW 算法	68.42	3.44	97.28	3.42
迭代盲去卷积算法	86.43	66.21	66.61	66.47
基于自相关函数的维纳滤波算法	98.63	0.49	99.95	0.47

via dispersion minimization[J].Digital Signal Processing, 2006,16:145-148.

- [3] CAI Jian Feng, JI Hui, LIU Chao Qiang, et al. Blind motion deblurring using multiple images[J]. Journal of Computational Physics,2009(228):5057-5071.
- [4] ZHOU Shan. The application on image restoration algorithm based on Matlab[J]. Computer Knowledge And Technology,2008(4):202-203.
- [5] SHACHAM O, HAIK O, YITZHAKY Y. Blind restoration of atmospherically degraded images by automatic best step-edge detection[J]. Pattern Recognition Letters,2007(28):2094-2095.

(收稿日期:2010-06-10)

#### 作者简介:

吕萌,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:遥感影像处理与识别。