

文章编号: 1672-8785(2016)11-0024-05

## 一种新型的红外影像 ME 噪声去除方法

李 岩 张炳先

(北京空间机电研究所, 北京 100094)

**摘 要:** 记忆效应 (Memory Effect, ME) 噪声是发生在红外光机扫描仪影像中的一种条带噪声。扫描条带中, 有明显亮暗突变位置的景物的 ME 噪声尤其明显, 会严重影响影像的目视效果。传统的 ME 噪声去除方法基于系统脉冲响应函数构建复原滤波器, 使用复原滤波器对图像进行复原。该方法的缺点是必须有精确的系统脉冲响应函数。针对传统方法的不足, 提出了一种新的 ME 噪声去除算法。该算法利用影像自身的辐射信息, 使用检测模板遍历整景影像以检测 ME 噪声, 对检测到的噪声使用迭代法去除。最终, 选取资源一号 01 星的 IRMSS 影像进行了试验。结果表明, 该方法可以有效去除 ME 噪声, 从而提升图像的辐射质量。

**关键词:** ME 噪声; 噪声去除

**中图分类号:** TP 751.1 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2016.11.005

## A Novel Removal Method for ME Noise of Infrared Images

LI Yan, ZHANG Bing-xian

(Beijing Institute of Space Mechanics and Electricity, Beijing 100076, China)

**Abstract:** Memory Effect (ME) noise is a stripe noise which occurs in infrared opto-mechanical scanning images. It is particularly obvious for the scene with a bright-dark mutation in the image. It may affect the visual effectiveness of the image seriously. The traditional ME noise removal methods usually use a system impulse response function to build a restoration filter for restoring images. The disadvantage is that there should be an accuracy impulse response function. In view of the disadvantages of traditional methods, a new ME noise removal algorithm is proposed. In the algorithm, the radiation information of image self is used, a detection template is used to traverse the whole scene image so as to detect ME noise and an iterative method is used to remove the detected noise. Finally, the IRMSS images from CBERS01 satellite are selected to make experiment. The experimental results show that this method can remove ME noise effectively so that it can improve the radiation quality of images.

**Key words:** ME noise; noise removal

**收稿日期:** 2016-08-09

**作者简介:** 李岩 (1986-), 女, 河北邢台人, 硕士, 主要从事红外遥感定标技术、红外遥感图像处理技术和红外遥感应应用技术研究。 E-mail: allie123456@163.com

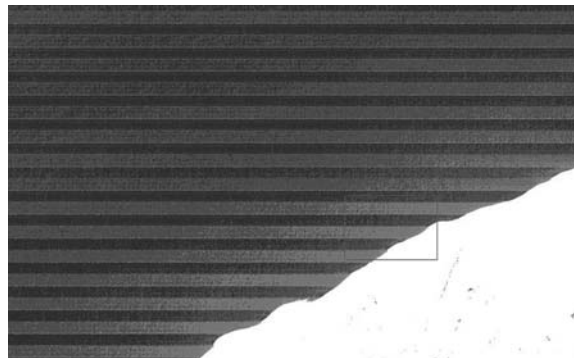
## 0 引言

ME 是发生在光机扫描成像仪的红外遥感影像中的一种条带噪声, 例如 LANDSAT 卫星上的 TM 的热红外影像和 CBERS01 卫星上的 IRMSS 影像。ME 噪声在沿扫描方向景物有明显亮暗突变的位置尤其明显, 例如云或海岸线的边界位置, 如图 1 所示, 严重影响了影像的目视效果[1]。

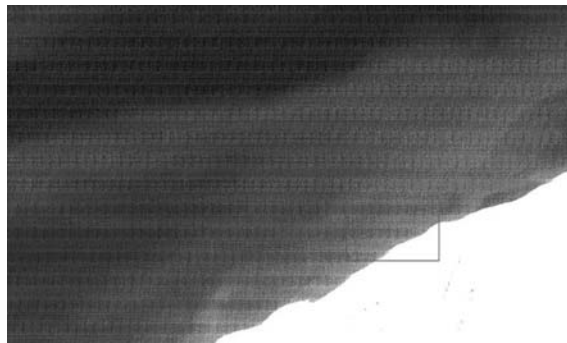


图 1 ME 噪声示意图

目前可查到的 ME 噪声去除算法为 LANDSAT 卫星上的 TM 热红外影像 ME 校正方法。TM 热红外影像的 ME 噪声是由探测器后面的前置电子放大器里面的电阻 / 电容组合引起的。因此, 系统的输出是输入信号和系统脉冲响应卷积的结果。所以, 可以用系统的脉冲响应函数构建复原滤波器, 再用复原滤波器对图像进行复原, 从而去除 ME 噪声。图 2 为使用该方法去除 ME 噪声前后的示意图。



(a) ME 噪声去除前



(b) ME 噪声去除后

图 2 ME 噪声去除前后的对比图

使用该方法的前提是有精确的遥感器系统脉冲响应函数, 但是精确的系统脉冲响应函数对某些相机 (CBERS01 和 CBERS04 星上的 IRMSS) 来说很难测得。所以, 使用此方法去除 ME 噪声很难实现。

本文提出了一种基于在轨统计的红外影像 ME 噪声去除方法。该方法利用卫星影像自身的辐射信息, 使用 ME 检测模板遍历整景影像以检测 ME 噪声, 对检测到的 ME 噪声使用迭代法进行去除, 弥补了系统脉冲响应函数不足的问题。

## 1 基于影像统计的红外 ME 噪声去除方法

基于影像统计的红外 ME 噪声去除方法利用遥感器的成像方式及 ME 噪声的表现形式生成 ME 检测模板, 然后使用 ME 检测模板遍历整景影像以检测 ME 噪声的位置, 最后对检测到的噪声使用迭代法去除。同时, 考虑到红外影像在不同辐亮度下 ME 噪声的表现形式不同的特点, 引入了分类处理的思想, 对不同辐亮度下的 ME 噪声使用不同的去除方法。最后, 使用自适应矩匹配将处理后的图像的残余噪声去除, 进一步提高红外影像的辐射质量, 该处理流程如图 3 所示。

### 1.1 ME 噪声灰度区间获取

ME 噪声在不同地物上的表现形式可能不同<sup>[2,3]</sup>, 有的比正常的地物响应  $DN$  值高, 有的比正常的地物响应  $DN$  值低。所以, 如果想要去除 ME 噪声, 首先需要获得 ME 噪声不同表现形

式的灰度分类区间。本文中,灰度区间分类采用基于图像特征空间进行模糊聚类的图像分割算法,即模糊  $K$  均值聚类算法<sup>[4]</sup>。过程如下:

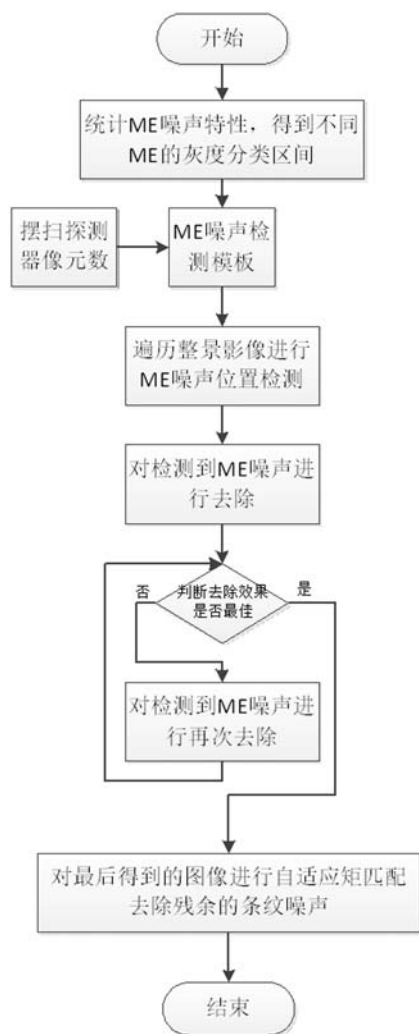


图3 ME 噪声去除流程图

假设含有 ME 噪声的原始影像为  $X$ ,  $H$  和  $L$  为原始影像  $X$  的长和宽。以影像的灰度量化信息作为样本集  $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 。现要将  $n(n = H \times L)$  个样本  $x_i$  划分为  $K$  个类别  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $\dots$ 、 $C_K$ ,  $K$  的取值由遥感图像中 ME 噪声的表现形式决定, ME 噪声在这  $K$  个不同亮度区间段的表现形式不同:

$$ME_i = DN_i - DN'_i \quad (1)$$

式中,  $DN_i \in C_i$ , 为 ME 噪声去除前的  $DN$  值,  $i = 1, 2, \dots, K$ ,  $DN'$  为 ME 噪声去除后的  $DN$  值;  $ME_i$  为正或负, 相邻区间段的正负号不同。

取距离函数为欧几里得距离函数  $d(V_i, V_j) = \|V_i - V_j\|$ , 其中  $V_i$ 、 $V_j$  为向量表示。  $K$  均值聚类算法如下:

### (1) 样本聚类中心初始化

选择  $K$  个固定的样本作为初始聚类中心  $m_1, m_2, \dots, m_K$ , 为了方便计算, 假设影像经  $N_{bit}$  位量化, 可选择影像量化  $DN$  值区间的  $K$  个中心点作为对应的  $K$  个初始聚类中心:  $(2^{N_{bit}} - 1)/(K + 1), (2^{N_{bit}} - 1) * 2/(K + 1), \dots, (2^{N_{bit}} - 1) * K/(K + 1)$ 。

### (2) $K$ 均值算法类聚

如果  $d(x_j, m_p) \leq d(x_j, m_i)$ ,  $1 \leq p \leq K$ ,  $i = 1, 2, \dots, K$ , 则分配  $x_j$  到第  $p$  类,  $j = 1, 2, \dots, n$ , 具体如图 2 所示。  $m_1, m_2, \dots, m_K$  为  $K$  个样本的聚类中心值, 针对第  $j$  个像元  $x_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , 计算其到每个聚类中心的距离:  $d(x_j, m_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, K$ 。如果  $x_j$  到第  $p$  类的距离最小, 即  $d(x_j, m_p) \leq d(x_j, m_i)$ ,  $1 \leq p \leq K$ ,  $i = 1, 2, \dots, K$ , 那么将  $x_j$  分配到第  $p$  个聚类中, 即  $x_j \in C_p$ 。

### (3) 重新计算每个聚类的中心

$$m_i = \frac{\sum_{x \in C_i} x}{N_i}, i = 1, 2, \dots, K \quad (2)$$

式中,  $N_i$  是第  $i$  聚类  $C_i$  中的样本数目。

重复步骤 2 和 3, 直到  $m_i$  不再变化。

## 1.2 ME 噪声检测

根据成像探测器的像元数生成 ME 检测模板  $G = \begin{bmatrix} E \\ 2E \\ E \end{bmatrix}$ , 模板大小为  $3N \times M$ , 其中  $N$  为探测器的像元数,  $M$  可调,  $E$  为  $N \times M$  的单位矩阵。

生成检测模板后, 使用模板遍历整景影像进行匹配以检测 ME 噪声。模板匹配方法<sup>[5,6]</sup>为: 使用模板  $G$  与待处理影像中相同大小的子影像  $Y$  计算其相关系数  $r$ 。当  $r$  大于阈值  $r_0$  的时候,

认为此处存在 ME 噪声, 计算公式为

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [Y(i, j) - \bar{Y}] \times [G(i, j) - \bar{G}]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [Y(i, j) - \bar{Y}]^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [G(i, j) - \bar{G}]^2}} \quad (3)$$

式中,  $\bar{G}$  为检测模板  $G$  的均值,  $\bar{Y}$  是子影像  $Y$  的均值,  $i = 1, 2, 3, \dots, 3N$ ,  $j = 1, 2, 3, \dots, M$ 。

### 1.3 ME 噪声去除

ME 噪声去除主要分为以下几个步骤:

(1) 上步检测到的 ME 噪声的位置的子影像

为  $Y = \begin{bmatrix} Y_0 \\ Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix}$ ,  $Y_0$ 、 $Y_1$  和  $Y_2$  为  $N \times M$  的矩

阵, 计算  $Y_0$ 、 $Y_1$  和  $Y_2$  的均值  $y_0$ 、 $y_1$  和  $y_2$ 。

(2) 判断子影像属于低亮还是高亮区间, 然后分别进行相应的 ME 噪声去除处理。

如果子影像  $Y \subset x_i$ , 那么根据此样本集的 ME 特性进行如下处理:

$$Y' = \begin{bmatrix} Y'_0 \\ Y'_1 \\ Y'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_0 \\ Y_1 \pm E \\ Y_2 \end{bmatrix}$$

式中,  $\pm$  与此样本集内  $ME_i$  的正负相反,  $E$  为  $N \times M$  的单位矩阵。

(3) 判断处理后的影像  $Y'$  是否同时满足最优条件。如果满足条件, 则停止运算, 否则令  $Y = Y'$ , 然后继续上一步的处理。

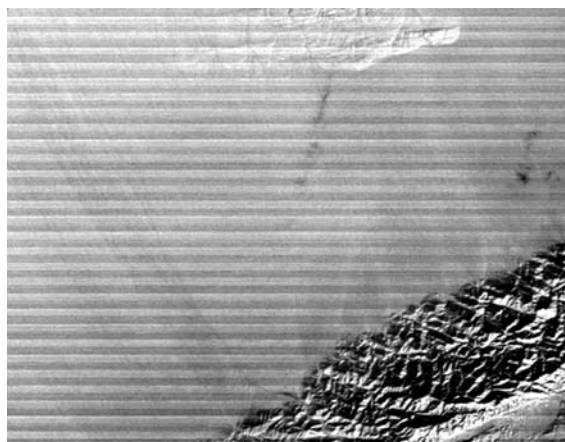
判断处理后的影像  $Y'$  是否同时满足最优条件 (a):  $|\bar{b}'_1| + |\bar{b}'_2| < |\bar{b}_1| + |\bar{b}_2|$ ; 条件 (b):  $|y'_1 - y'_0| > 0$ ,  $|y'_1 - y'_2| > 0$ 。其中,  $b_1$  为子影像  $Y_0$  最后一行与子影像  $Y_1$  第一行的差,  $b_2$  为子影像  $Y_1$  最后一行与子影像  $Y_2$  第一行的差,  $b'_1$  为子影像  $Y'_0$  最后一行与子影像  $Y'_1$  第一行的差,  $b'_2$  为子影像  $Y'_1$  最后一行与子影像  $Y'_2$  第一行的差,  $\bar{b}_1$  为  $b_1$  的均值,  $\bar{b}_2$  为  $b_2$  的均值,  $\bar{b}'_1$  为  $b'_1$  的均值,  $\bar{b}'_2$  为  $b'_2$  的均值,  $y'_0$ 、 $y'_1$  和  $y'_2$  为  $Y'_0$ 、 $Y'_1$  和  $Y'_2$  的均值。

### 1.4 自适应矩匹配滤波去除残余的条纹噪声

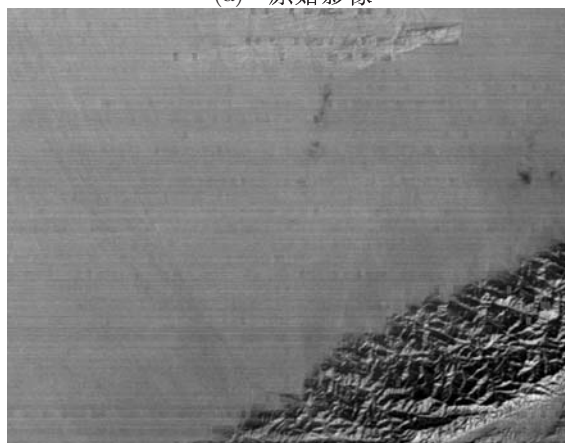
对上一步得到的影像再使用自适应矩匹配滤波去除残余的条纹噪声。用自适应矩匹配滤波去除残余的条纹噪声主要包括获取亮度值曲线图、去基线处理、获取处理单元中心、去除伪中心点、获取处理单元和对每个处理单元进行矩匹配处理等过程<sup>[7]</sup>。

## 2 实验与分析

为了验证本文算法的有效性, 实验采用中国资源卫星应用中心提供的 CBERS04 红外成像数据中若干区域影像作为实验数据。采用本文算法对数据进行了处理, 并对处理结果进行目视比较分析和定量分析, 具体实验结果如图 4 和图 5 所示。

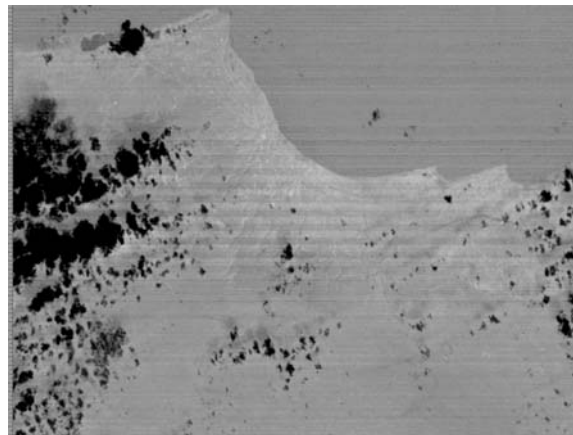


(a) 原始影像

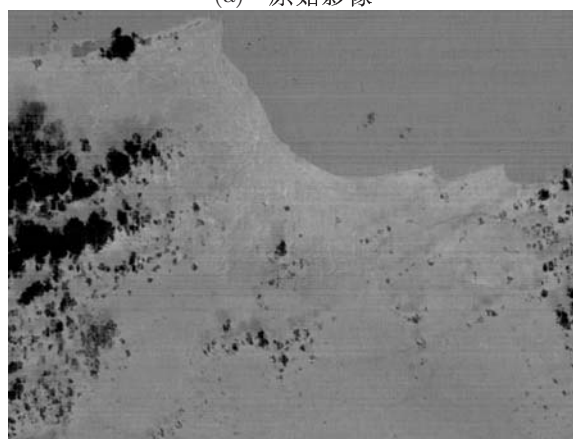


(b) 使用本文方法校正的影像

图 4 ME 噪声去除前后的效果图



(a) 原始影像



(b) 使用本文方法校正的影像

图 5 ME 噪声去除前后的效果图

通过目视可以发现,本文算法可以有效去除图 4 和图 5 中的 ME 噪声。为了进一步验证本文算法的有效性,我们选取广义噪声来对校正前后的图像进行定量比较,其中广义噪声<sup>[8,9]</sup>的计算公式为

$$A_{ve} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m DN_{ij}}{m \times n} \quad (4)$$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^m \left| \sum_{j=1}^m DN_{ij} / n - A_{ve} \right|}{m} \quad (5)$$

$$Re = E / A_{ve} \quad (5)$$

式中,  $m$ 、 $n$  分别为影像的列数和行数,  $A_{ve}$  为整幅影像的均值,  $DN_{ij}$  为影像第  $j$  行第  $i$  列的  $DN$  值,  $E$  为各列  $DN$  值的平均值与整幅影像均值差的绝对值的平均,  $Re$  为通过该幅影像计算得到的广义噪声。通过公式可以发现,相对辐射校正的精度越低,计算出来的广义噪声值就

越大。图 4 和图 5 的广义噪声的计算对比结果见表 1。

表 1 用本文算法的处理结果

| 影像  | 原始影像 | ME 去除后 |
|-----|------|--------|
| 图 4 | 5.23 | 1.62   |
| 图 5 | 3.89 | 1.54   |

通过表 1 的对比可以发现,使用本文算法去除 ME 噪声后,无论是在低对比度区域还是在高对比度区域都具有良好的效果。

### 3 结束语

针对红外光机扫描仪中的 ME 噪声提出了一种新的去除算法。该算法可以根据 ME 噪声特点及探测器特点生成特有的检测模板。使用检测模板遍历整个图像对 ME 噪声进行了检测,对检测到的噪声进行了迭代去除。该算法可以克服使用传统方法时必须要有精确系统脉冲响应函数的缺点。最后,使用 CBERS 红外影像进行了试验。结果表明,该算法能有效地去除 ME 噪声,为红外影像的应用奠定了良好的基础。

### 参考文献

- [1] 张霞,张兵,赵永超,等. 中巴地球资源一号卫星多光谱扫描图像质量评价 [J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(6): 584-585.
- [2] 孙树亮,艾娇燕,张丽华. 几种灰度图像分割方法的比较与分析 [J]. 计算技术与自动化, 2005, 24(4): 272-275.
- [3] 王密,张炳先,潘俊. 基于分段辐射校正的星载 TDI-CCD 成像数据辐射处理方法 [J]. 中国科学: 信息科学, 2011(41): 32-41.
- [4] 张新野. 基于聚类分析的图像分割方法研究 [D]. 大连海事大学博士毕业论文, 2012: 6-8.
- [5] 陈皓,马彩文,陈岳承,等. 基于灰度统计的快速模板匹配算法 [J]. 光子学报, 2009, 38(6): 1586-1590.
- [6] 朱远平,夏利民. 一种适用于图像拼接的自适应模板匹配算法 [J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(31): 109-111.
- [7] 张炳先,王密,潘俊. 采用灰度分割的自适应矩匹配条带噪声去除方法 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2012, 37(12): 1464-1467.
- [8] 王小燕,龙小祥. 资源一号 02B 星相机相对辐射校正方法分析 [J]. 航天返回与遥感, 2008, 29(2): 29-34.