



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113436093 A

(43) 申请公布日 2021.09.24

(21) 申请号 202110667785.8

(22) 申请日 2021.06.16

(71) 申请人 中国电子科技集团公司第五十四研究所

地址 050081 河北省石家庄市中山西路589号第五十四所航天部

(72) 发明人 孙康 李方方 陈金勇 王敏 帅通 王士成

(74) 专利代理机构 河北东尚律师事务所 13124 代理人 王文庆

(51) Int. Cl.

G06T 5/00 (2006.01)

G06T 7/11 (2017.01)

G06K 9/62 (2006.01)

G06F 17/16 (2006.01)

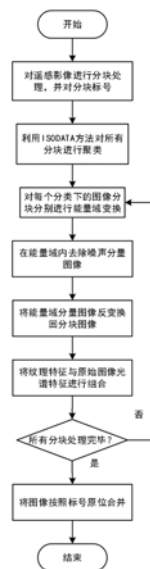
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法,属于遥感图像处理技术领域。本发明首先对图像进行分块,获取相似分块图像构成的集合,然后将其变换至能量域,在能量域占比较少的分量可以认为是噪声,去除噪声分量后,将其反变换至图像域,即得到去噪后的图像。本发明方法充分利用图像块之间的相似关系,具有良好的去噪效果,不需要对噪声模型进行假设,不涉及复杂的参数,实施简单,易于操作,适用范围广,可去除多种原因产生的噪声。



1. 一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,对遥感图像进行分块;

步骤2,根据相似性对所有分块进行聚类,得到一个或多个分类;

步骤3,对每个分类的分块图像进行能量域变换,得到该分类的能量域分量;

步骤4,对于每一分类,在能量域内将噪声部分的分量图像去除,并根据剩余的能量域分量反变换出各分块图像;

步骤5,将反变换出的分块图像按原分块图像的位置组合成遥感图像,完成遥感图像的去噪。

2. 根据权利要求1所述的一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法,其特征在于,步骤1中,分块的大小为 50×50 像素,若遥感图像的长宽不是50的整数倍,则最后一个分块与相邻分块部分重叠,从而实现所有分块的大小均为 50×50 像素。

3. 根据权利要求2所述的一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法,其特征在于,步骤2中,利用ISODATA方法对所有分块进行聚类,聚类计算时,每个分块图像按行展开为 1×2500 的向量;聚类后得到 K 个分类,其中,分类 $\Phi_i = \{B_1^i, B_2^i, \dots, B_{N_i}^i\}$, $1 \leq i \leq K$, B_j^i 表示第 i 个分类下的第 j 个分块图像, $1 \leq j \leq N_i$, N_i 为分类 Φ_i 中分块图像的数目。

4. 根据权利要求3所述的一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法,其特征在于,步骤3的具体方式为:

计算分类 Φ_i 中分块图像的协方差矩阵 R , R 的大小为 $N_i \times N_i$;

对 R 进行特征分解,得到 N_i 个特征向量以及特征值;

利用 N_i 个特征向量分别对分类 Φ_i 的分块图像进行变换处理,得到 N_i 个能量域分量。

5. 根据权利要求4所述的一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法,其特征在于,步骤4的具体方式为:

对 N_i 个特征值 $\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_{N_i} \end{bmatrix}$ 进行从大到小排序,并计算特征值之和 s ;

按从大到小的顺序对特征值进行累加,并计算累计比例,累加到第 j 个特征值时的累计比例为:

$$\eta = \frac{\sum_{k=1}^j \lambda_k}{s};$$

当累计比例 $\eta \geq 0.95$ 时,停止累加,已累加的特征值构成序列 l ;将 l 以外的特征值所对应的能量域分量作为噪声去除;

计算变换矩阵 $Q = P^{-1}$,其中, $P = [p_1 \ \dots \ p_{N_i}]$, $p_1 \ \dots \ p_{N_i}$ 为 Φ_i 的 N_i 个特征向量;将 Q 记

为 $[q_1 \ \dots \ q_{N_i}]$, $q_1 \ \dots \ q_{N_i}$ 与 $p_1 \ \dots \ p_{N_i}$ 一一对应, $q_j = \begin{bmatrix} q_{j1} \\ \vdots \\ q_{jN_i} \end{bmatrix}$;

利用1中特征值所对应的能量域分量反变换出各分块图像：

$$\hat{\mathbf{B}}_j^i = \sum_{k=1}^l q_{jk} \mathbf{F}_j$$

式中， $\hat{\mathbf{B}}_j^i$ 为反变换出的第i个分类下的第j个分块图像， q_{jk} 为 q_j 的第k个分量， \mathbf{F}_j 为 Φ_i 的第j个能量域分量。

6. 根据权利要求5所述的一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法，其特征在于，步骤5中，将反变换出的分块图像按原分块图像的位置组合成遥感图像时，若分块图像之间有重叠，则组合后遥感图像的该部分取为两重叠部分的均值。

一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法

技术领域

[0001] 本发明属于遥感图像处理技术领域,具体涉及一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法。

背景技术

[0002] 遥感影像尤其是卫星遥感影像受到成像过程中大气、背景、太空辐射环境、数字量化等因素的影响,存在多种形式的噪声。对遥感图像进行去噪是对图像作进一步处理的可靠保证,如果对含有噪声的图像进行特征提取、图像融合等处理后的结果,处理结果往往精度不够。此外,由于不同的成像机理,得到的初始图像中都含有大量不同性质的噪声,这些噪声的存在影响着人们对图像的理解,干扰人们对图像信息的处理和应用。

[0003] 传统去噪方法如中值滤波、均值滤波等,需要对噪声模型进行假设,如加性噪声、高斯白噪声等,对于复杂的、多因素叠加性的噪声不能很好的处理。其他在变换域处理的方法如小波去噪,对高频噪声有一定效果,但对条纹等低频噪声效果不佳。在去噪模型上,一般都是利用邻域像素的相似关系,对不相邻区域的相似关系没有考虑。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法,该方法可利用分块图像的相似性,在能量域进行联合滤波,去除噪声分量,从而实现去噪。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0006] 一种基于能量域变换的遥感图像去噪方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1,对遥感图像进行分块;

[0008] 步骤2,根据相似性对所有分块进行聚类,得到一个或多个分类;

[0009] 步骤3,对每个分类的分块图像进行能量域变换,得到该分类的能量域分量;

[0010] 步骤4,对于每一分类,在能量域内将噪声部分的分量图像去除,并根据剩余的能量域分量反变换出各分块图像;

[0011] 步骤5,将反变换出的分块图像按原分块图像的位置组合成遥感图像,完成遥感图像的去噪。

[0012] 进一步的,步骤1中,分块的大小为 50×50 像素,若遥感图像的长宽不是50的整数倍,则最后一个分块与相邻分块部分重叠,从而实现所有分块的大小均为 50×50 像素。

[0013] 进一步的,步骤2中,利用ISODATA方法对所有分块进行聚类,聚类计算时,每个分块图像按行展开为 1×2500 的向量;聚类后得到K个分类,其中,分类 $\Phi_i = \{\mathbf{B}_1^i, \mathbf{B}_2^i, \dots, \mathbf{B}_{N_i}^i\}$, $1 \leq i \leq K$, \mathbf{B}_j^i 表示第i个分类下的第j个分块图像, $1 \leq j \leq N_i$, N_i 为分类 Φ_i 中分块图像的数目。

[0014] 进一步的,步骤3的具体方式为:

[0015] 计算分类 Φ_i 中分块图像的协方差矩阵R,R的大小为 $N_i \times N_i$;

[0016] 对R进行特征分解,得到 N_i 个特征向量以及特征值;

[0017] 利用 N_i 个特征向量分别对分类 Φ_i 的分块图像进行变换处理,得到 N_i 个能量域分量。

[0018] 进一步的,步骤4的具体方式为:

[0019] 对 N_i 个特征值
$$\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_{N_i} \end{bmatrix}$$
 进行从大到小排序,并计算特征值之和 s ;

[0020] 按从大到小的顺序对特征值进行累加,并计算累计比例,累加到第 j 个特征值时的累计比例为:

$$[0021] \quad \eta = \frac{\sum_{k=1}^j \lambda_k}{s};$$

[0022] 当累计比例 $\eta \geq 0.95$ 时,停止累加,已累加的特征值构成序列 l ;将 l 以外的特征值所对应的能量域分量作为噪声去除;

[0023] 计算变换矩阵 $Q = P^{-1}$,其中, $P = [p_1 \ \cdots \ p_{N_i}]$, $p_1 \ \cdots \ p_{N_i}$ 为 Φ_i 的 N_i 个特征向量;

将 Q 记为 $[q_1 \ \cdots \ q_{N_i}]$, $q_1 \ \cdots \ q_{N_i}$ 与 $p_1 \ \cdots \ p_{N_i}$ 一一对应, $q_j = \begin{bmatrix} q_{j1} \\ \vdots \\ q_{jN_i} \end{bmatrix}$;

[0024] 利用 l 中特征值所对应的能量域分量反变换出各分块图像:

$$[0025] \quad \hat{B}_j^i = \sum_{k=1}^l q_{jk} F_j$$

[0026] 式中, \hat{B}_j^i 为反变换出的第 i 个分类下的第 j 个分块图像, q_{jk} 为 q_j 的第 k 个分量, F_j 为 Φ_i 的第 j 个能量域分量。

[0027] 进一步的,步骤5中,将反变换出的分块图像按原分块图像的位置组合成遥感图像时,若分块图像之间有重叠,则组合后遥感图像的该部分取为两重叠部分的均值。

[0028] 本发明具有如下优点:

[0029] (1) 本发明方法综合利用相似分块图像在能量域内实现了噪声分量的去除,充分利用了图像块之间的相似关系,具有良好的去噪效果。

[0030] (2) 本发明方法不需要对噪声模型进行假设,不涉及复杂的参数,实施简单,易于操作,适用范围广,可去除多种原因产生的噪声。

附图说明

[0031] 图1为本发明方法的流程图。

[0032] 图2为高分一号影像特征值的分布。

[0033] 图3为高分一号影像特征值累计比例。

[0034] 图4为高分一号影像去噪试验结果对比。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图及具体实施方式对本发明的技术方案做进一步的说明。

[0036] 如图1所示,一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法,首先对图像进行分块,对分块图像进行相似性分类,将相似性图像块映射到能量域,在能量域内将噪声分量去除,然后反变换至图像域,完成影像去噪。具体包括以下步骤:

[0037] 步骤1,对遥感影像进行分块,分块大小为 50×50 像素,若图像长宽不是50的整数倍,则最后一个分块向前选取50个像素,即与相邻分块部分重叠,实现所有分块的大小均为 50×50 像素,对分块图像进行标号;

[0038] 以 145×145 大小的影像为例,其共划分9个分块,第一个分块行列范围为 $[1:50, 1:50]$,第二个分块行列范围为 $[1:50, 51:100]$,第三个分块仅剩余45个像素,因此需要往前多选取5个像素,即 $[1:50, 96:145]$,这样在 $96:100$ 这五个像素与第二个分块重叠。

[0039] 步骤2,利用ISODATA方法对所有分块进行聚类,聚类计算时,每个分块图像按行展开为 1×2500 的向量,获得 K 个分类 $\varphi_i, 1 \leq i \leq K$,其中每个分类含有分块图像的数目为 N_i ,则

$\varphi_i = \{B_1^i, B_2^i, \dots, B_{N_i}^i\}$,其中 B_j^i 表示第 i 个分类下的第 j 个分块图像;

[0040] 步骤3,对每个分类下的分块图像进行能量域变换。以 φ_i 为例,其包含 N_i 个分块图像,首先计算分块图像的协方差矩阵 R ,其大小为 $N_i \times N_i$,对 R 进行特征分解,获得得到 N_i 个特征向量以及特征值,利用特征向量对分块图像进行变换处理,得到 N_i 个能量域分量图像;

[0041] 步骤4,在能量域内将特征值之和低于总特征特征值之和5%的分量图像去除,特征值排序及能量占比分别为图2、图3所示;

[0042] 步骤5,利用特征向量的逆矩阵将能量域分量图像反变换回分块图像,得到 N_i 个去噪后的分块图像;

[0043] 步骤6,重复步骤3-步骤5,直至所有分类下的分块图像全部完成处理,按照步骤1的图像标号,将分块图像原位合并,有重叠区域的图像,重叠部分取分块图像的平均值,得到去噪后的遥感影像。

[0044] 其中,步骤3所述的能量域变换方式如下:

[0045] 步骤3a,以 $\varphi_i = \{B_1^i, B_2^i, \dots, B_{N_i}^i\}$ 为例,其包含 N_i 个分块图像,计算其协方差矩阵 R :

$$[0046] \quad \mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1N_i} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2N_i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{N_i1} & r_{N_i2} & \cdots & r_{N_iN_i} \end{bmatrix},$$

[0047] 其中 r_{pq} 为 B_p^i 和 B_q^i 的内积;

[0048] 步骤3b,对矩阵 R 进行特征分解,得到 N_i 个特征向量 $\mathbf{P} = [\mathbf{p}_1 \quad \cdots \quad \mathbf{p}_{N_i}]$ 和特征值

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_{N_i} \end{bmatrix}, \text{由于} R \text{为} \text{正定矩阵,故所有的特征值均大于} 0;$$

[0049] 步骤3c,计算能量域分量。第j个能量域分量 F_j 的计算方式如下:

$$[0050] \quad \mathbf{F}_j = \mathbf{p}_j \boldsymbol{\Phi}_i = \sum_{k=1}^{N_i} p_{jk} \mathbf{B}_j^i,$$

[0051] 其中 p_{jk} 为第j个特征向量 \mathbf{p}_j 的第k个元素。

[0052] 步骤3d,对所有 N_i 个特征向量分别计算,得到 N_i 个能量域分量 F_j 。

[0053] 其中,步骤4所述的能量域分量去除方式如下:

$$[0054] \quad \text{步骤4a,对步骤3中的特征值 } \boldsymbol{\lambda} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_{N_i} \end{bmatrix}, \text{进行从大到小排序,并计算特征值之和 } s,$$

如图2所示;

[0055] 步骤4b,按次序逐个计算特征的累计比例,第j个特征值的累加比例为

$$[0056] \quad \eta = \frac{\sum_{k=1}^j \lambda_k}{s};$$

[0057] 步骤4c,当累计比例 $\eta \geq 0.95$ 时,停止计算,假定当前特征值的排序为1,如图3所示,可以看出前20个分量占全部126个分量重的95.54%,剩余5%是噪声分量;

[0058] 步骤4d,将1后面的能量域分量删除,即删除 $\{\mathbf{F}_{l+1}, \mathbf{F}_{l+2}, \dots, \mathbf{F}_{N_i}\}$ 。

[0059] 其中,步骤5所述的能量域分量图像反变换至分块图像方式如下:

$$[0060] \quad \text{步骤5a,计算变换矩阵 } \mathbf{Q} = \mathbf{P}^{-1}, \text{可进一步记为 } \mathbf{Q} = [\mathbf{q}_1 \quad \dots \quad \mathbf{q}_{N_i}], \text{其中 } \mathbf{q}_j = \begin{bmatrix} q_{j1} \\ \vdots \\ q_{jN_i} \end{bmatrix},$$

[0061] 步骤5b,记当前分类 $\boldsymbol{\Phi}_i$ 中第j个分块图像 \mathbf{B}_j^i 去噪后的分块图像为 $\hat{\mathbf{B}}_j^i$,其计算方式如下:

$$[0062] \quad \hat{\mathbf{B}}_j^i = \sum_{k=1}^l q_{jk} \mathbf{F}_j,$$

[0063] 需要注意的是,计算 $\hat{\mathbf{B}}_j^i$ 时仅使用前1个能量域分量,其余分量作为噪声去除,从而实现去噪目的。

[0064] 遥感图像包含的地物种类往往是很少的,这意味着遥感图像存在着大量相似的图像块。因此从能量域的角度,遥感图像可以看作由大量相似的图像块和噪声构成。本发明方法首先对图像进行分块,获取相似分块图像构成的集合,然后将其变换至能量域,在能量域占比较少分量可以认为是噪声,去除噪声分量后,将其反变换至图像域,即得到去噪后的图像。

[0065] 本方法的效果可通过以下试验进一步说明:

[0066] 1. 试验条件。

[0067] 计算机配置为Intel Core i7-3770 CPU 3.4Ghz,64GB内存;操作系统为Windows 764位专业版,软件环境为MATLAB 2017。

[0068] 2. 试验方法。

[0069] 利用本方法、小波去噪以及均值去噪分别对遥感影像进行去噪处理,对处理的结果进行可视化对比和信噪比定量分析。

[0070] 3. 试验内容与结果。

[0071] 试验数据选择2017年高分一号卫星拍摄的全色影像,该影像由于天气等原因具有较强的噪声水平。

[0072] 试验结果如图4所示。可以看出,本发明方法具有最好的去噪效果,小波变换去噪和均值滤波去噪效果接近。对结果进行定量分析如下,原始影像信噪比为18.35dB,本发明方法去噪影像信噪比为28.64dB,小波变换去噪和均值滤波去噪得到的影像信噪比分别为23.87dB和22.55dB。

[0073] 试验结果表明,本方法利用分块图像的相似性,通过能量域变换的方式去除遥感影像噪声,具有较好的去噪效果。

[0074] 总之,本发明针对遥感影像噪声来源复杂的问题,提出了一种基于能量域变换的遥感影像去噪方法。该方法对图像进行分块,对分块图像进行相似性分类,将相似性图像块映射到能量域,在能量域内将噪声分量去除,然后反变换至图像域,完成影像去噪。该方法利用了如下原理:遥感影像中包含大量相似的分块图像,在能量域内,地物是引起图像能量变化的主要原因,噪声是引起能量变化的次要原因,因此在能量域内,可将能量较小的分量视为噪声分量,将其去除后,在反变换回图像域,即实现了图像去噪。

[0075] 本发明方法充分利用图像块之间的相似关系,具有良好的去噪效果,不需要对噪声模型进行假设,不涉及复杂的参数,实施简单,易于操作,适用范围广,可去除多种原因产生的噪声。

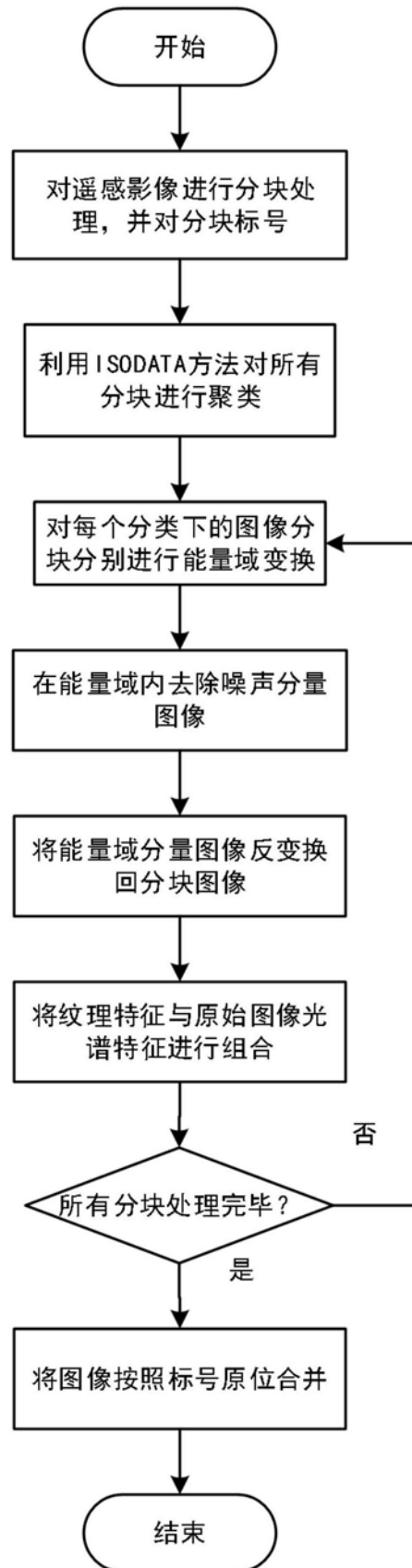


图1

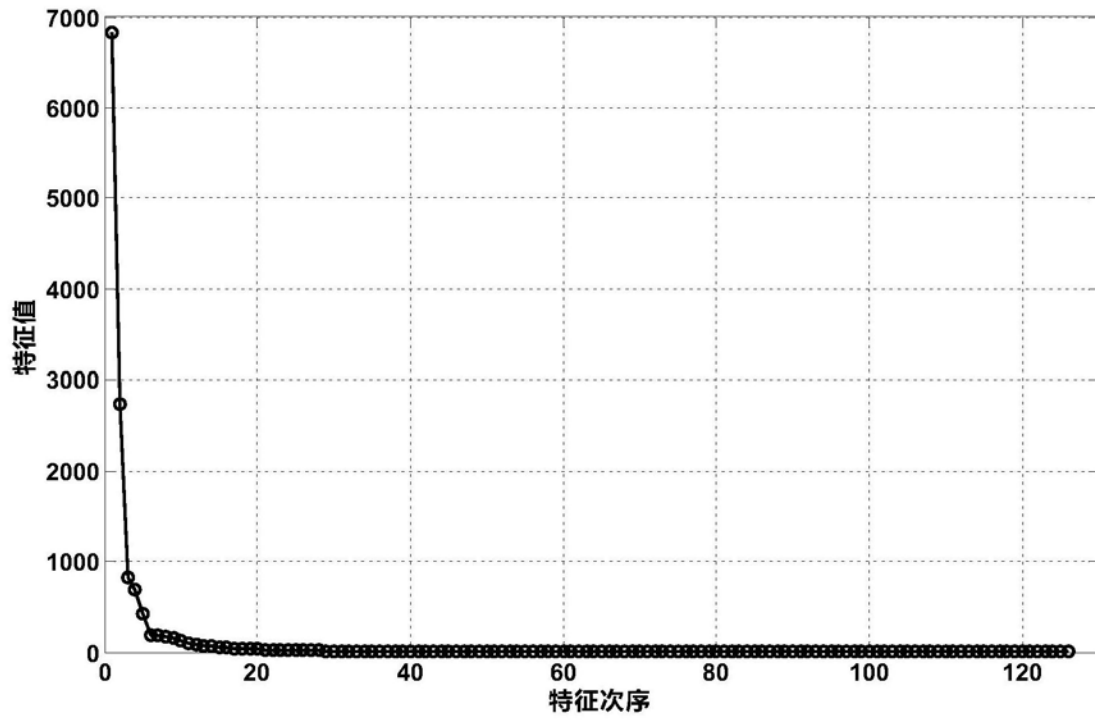


图2

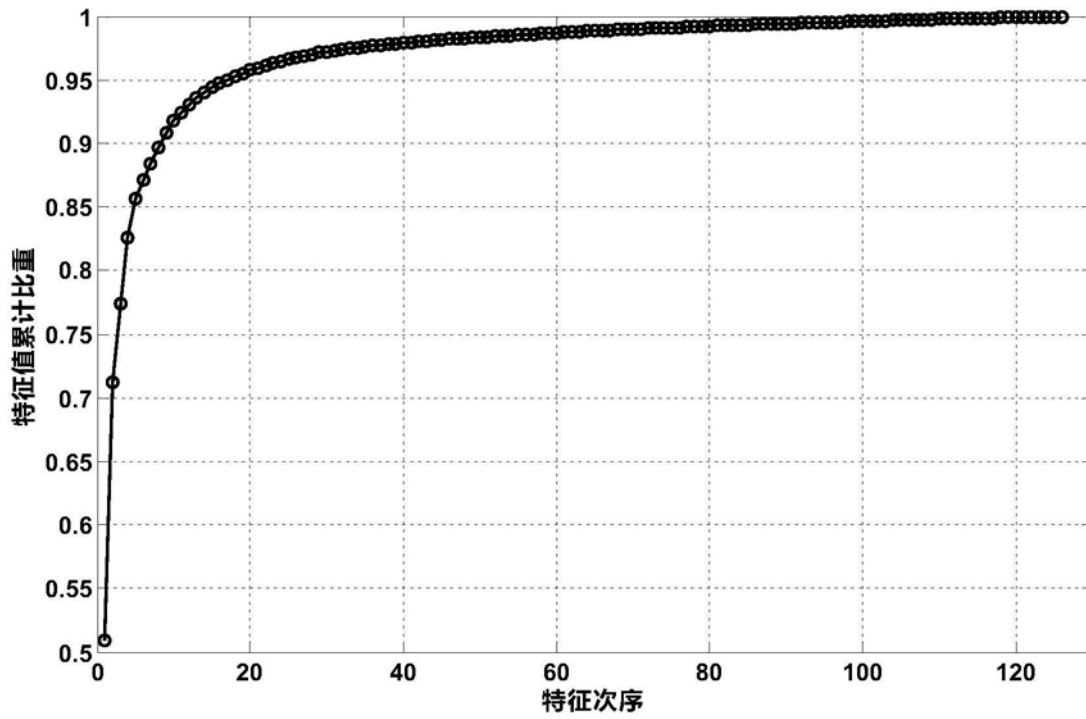


图3



原始图像



本发明方法去噪结果



小波变换去噪结果



均值滤波去噪结果

图4