

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06T 5/00 (2006.01)

G06K 9/20 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200810057343.6

[45] 授权公告日 2009年8月19日

[11] 授权公告号 CN 100530236C

[22] 申请日 2008.1.31

[21] 申请号 200810057343.6

[73] 专利权人 北京控制工程研究所

地址 100080 北京市海淀区北京 2729 信箱

[72] 发明人 黄欣 龙江 刘端

[56] 参考文献

CN1932838A 2007.3.21

CN1940994A 2007.4.4

JP2002-171402A 2002.6.14

US2004/0076335A1 2004.4.22

CN1924926A 2007.3.7

US5835618A 1998.11.10

审查员 董立波

[74] 专利代理机构 中国航天科技专利中心

代理人 安丽

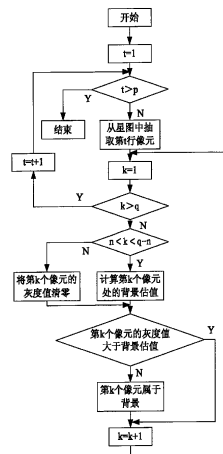
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种自适应图像背景估计方法

[57] 摘要

一种自适应图像背景估计方法，根据选定的阶次，同时利用像元的前项序列和后项序列参与背景阈值估计，逐个对图像中的各像元进行背景估计，估计时所用的滤波系数采用自适应算法确定，使得本发明方法既可以用于均匀背景图像的处理，也可以用于非均匀背景图像的处理，继承了前项(后项)差分法和数字滤波法的优点，克服了均值-均方根法、直方图法的不足，而且本发明方法无需预先设定门限值或者截止频率即可完成图像背景的估计和判定，对于空间频率特性不同的星空图像具有较为广泛的普遍适用性。



1、一种自适应图像背景估计方法，其特征在于步骤如下：

(1) 从待处理的分辨率为 p 行 q 列的星图中抽取出其中任意一行的像元数据，所述行中像元的编号依次为 $1, 2, \dots, q$ ；

(2) 按照选定的阶次 n ，计算 q 个像元中第 k 个像元处的背景估值，计算公式为：

$$y(k) = a_0 x(k+n) + a_1 x(k+n-1) + \dots + a_n x(k) + a_{n+1} x(k-1) + a_{n+2} x(k-2) + \dots + a_{2n} x(k-n) = \sum_{i=0}^{2n} a_i x(k+n-i),$$

其中： $n < k < q-n$ ， $x(k)$ 为所述行中第 k 个像元的灰度， $y(k)$ 为所述行中第 k 个像元的背景估值，式中 a_i 的表达式为：

$$a_i = \frac{\frac{1}{x(k+n-i) - x(k+n-i-1)}}{\sum_{j=0}^{2n} \left[\frac{1}{x(k+n-j) - x(k+n-j-1)} \right]} \quad i=0,1,2,\dots,2n;$$

(3) 令 $x(k) = 0$ ，其中 $k=1, 2, \dots, n-1, n, q-n+1, q-n+2, \dots, q$ ；

(4) 逐一对所述行中的第 k 个像元进行判断，若所述像元的灰度 $x(k) \leq y(k)$ ，则认为所述像元属于图像背景；若所述像元的灰度 $x(k) > y(k)$ ，则认为所述像元不属于图像背景。

2、根据权利要求 1 所述的一种自适应图像背景估计方法，其特征在于：所述步骤 (2) 中的阶次 n 根据滤波需要选取， n 的取值范围为 $3 \sim 5$ 。

一种自适应图像背景估计方法

技术领域

本发明涉及一种图像处理方法，特别是一种用于提取图像背景信息的自适应图像背景估计方法。

背景技术

星敏感器是一种以恒星为观测对象的光学姿态敏感器，主要用于卫星、飞船等航天器在轨飞行时的姿态测量任务。通常意义上的星敏感器属于星图仪方式的星敏感器，即它首先需要拍摄某一区域星空的图像，然后通过图像处理算法检测出图像中的恒星影像，并利用恒星识别技术来确认所观测恒星的“身份”，最终完成姿态测量任务。星敏感器所拍摄的星空图像一般包括两部分：低亮度的背景和亮度稍高的星像斑。在从这样的星空图像中检测恒星时，目前通行的做法是首先确定一个适当的门限值，图像中凡是低于这个门限值的部分都被认为属于背景，只有高于门限值的部分才可能被认作星像。因此，如何选择一个适当的门限值对于有效检测恒星影像是至关重要的。为了获取恰当的门限值，至今已研究出多种背景估计方法，其中比较典型的包括：均值-均方根法、直方图法、前项（后项）差分法、数字滤波法等。

均值-均方根法假设在未受到任何干扰光源影响，且视场中不存在任何目标时，星敏感器拍摄的星空图像背景均匀，且背景大体服从正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$ 。

概率密度：
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad x=0,1,2,\dots$$

其中：
$$\mu = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m E_{ij}}{m \cdot n}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (E_{ij} - \mu)^2}{mn}}$$
， E_{ij} 为第 i 行第 j 列的像元灰度， m 、 n

为数字图像的总行数、总列数。由正态分布的知识可知，区间 $[\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma]$ 应包含大约 99.7% 的样本，故可令阈值 $T = \mu + 3\sigma$ ，对整幅图像进行遍历，凡灰

度低于 T 的像元被认为是背景，不进行任何处理；凡灰度高于 T 的像元被认为可能是星点，等待进一步判别。当所处理的图像背景均匀时，此种方法处理效果良好，可有效地区分星像斑和背景；而当星空图像背景明显不均匀时，此种方法将不能有效区分星像斑和背景，即使部分背景被误认为星像，也使大部分星像被干扰光线淹没。

直方图法假设在背景均匀的条件下，当图像灰度分布概率密度达到最大值以后，概率密度随灰度增大而逐渐降低直至达到或接近 0，即从直方图上直观的看，只存在一个单峰，而不会出现双峰或多峰。通过检测单峰右侧根部所对应的灰度可确定背景阈值 T 。对整幅图像进行遍历，凡灰度低于 T 的像元被认为是背景，不进行任何处理；凡灰度高于 T 的像元被认为可能是星点，等待进一步判别。此种方法的处理结果与均值-均方根法的结果比较接近，当所处理的图像背景均匀时，该方法处理效果良好，可有效区分星像斑和背景；而当图像背景明显不均匀时，该方法不能有效区分星像斑和背景，即使部分背景被误认为星像，也使大部分星像被干扰光线淹没。

前项（后项）差分法简称差分法，其基本假设是：图像背景信号是变化缓慢信号，凡相邻像元灰度差低于预设门限值的部分被判定属于图像背景。当图像中各行之间差异明显时，可采用逐行估计背景的方法，其具体步骤为：1) 从数字图像中取出一行像元，逐一求相邻像元的一阶前项差分（或一阶后项差分）；2) 对差分值进行统计并求其分布；3) 寻找分布曲线中最大值（峰顶）的位置；4) 在峰顶右侧寻找峰底。当从某一差分值起，其右侧连续几点所对应的概率密度均不大于预设门限值时，则认为该差分为该行的差分阈值；5) 对取出的一行像元逐点进行遍历，如果某点的差分值大于差分阈值，即认为该处可能包含星点，将该点列入候选点；6) 对所有行像元重复进行上述步骤。使用该种方法时，门限值的选取对差分法图像处理结果有着直接影响，若当门限值选取不当，会导致大量背景噪声被误认为星像。

数字滤波法的基本假设是：图像背景信号主要为低频信号，凡空间频率低

于预设门限值的部分被判定属于图像背景。基本原理为：由形如下表达式

$$y(k) = a_0x(k) + a_1x(k-1) + a_2x(k-2) + \dots + a_nx(k-n) = \sum_{i=0}^n a_i x(k-i)$$

其中， a_i 均为常数，所示有限冲击响应（FIR）滤波器，对背景不均匀的图像中的某一行进行一维低通滤波，得到某一像元位置 k 处的背景估值 $y(k)$ 。若某处像元的灰度 $E(k) \leq y(k)$ ，则该像元被认为属于图像背景。FIR 滤波器的设计步骤如下：首先对数字图像的频率特性进行分析，再根据分析结果确定低通滤波器的截止频率，最后按照所需的滤波器的幅频特性设计滤波器。采用 FIR 数字滤波器可以很好地估计图像背景阈值，但 FIR 的主要不足在于滤波器的鲁棒性不强。试验证明，不同图像的频率特性往往存在较大差异，当图像的均匀性比较好时，所需的滤波器截止频率较低；当图像反差较大或噪声较大时，所需的截止频率较高。通常滤波器的设计都是预先在地面完成，在星敏感器的工作周期内，滤波器的参数是固定的。星敏感器在轨运行时所输出的数字图像的频率特性可能有别于地面阶段，因此可能发生下列两种不利情况：1) 滤波器的截止频率过高，其后果是很可能遗漏一些暗星；2) 滤波器的截止频率过低，其后果是可能得到大量虚假候选点，增加运算量，影响星图的正确识别。

发明内容

本发明的技术解决问题是：克服现有技术的不足，提供了一种既可用于均匀图像，又可用于非均匀图像的自适应图像背景估计方法。

本发明的技术解决方案是：一种自适应图像背景估计方法，其特征在于步骤如下：

(1) 从待处理的分辨率为 p 行 q 列的星图中抽取出其中任意一行的像元数据，所述行中像元的编号依次为 $1, 2, \dots, q$ ；

(2) 按照选定的阶次 n ，计算 q 个像元中第 k 个像元处的背景估值，计算公式为：

$$y(k) = a_0x(k+n) + a_1x(k+n-1) + \dots + a_nx(k) + a_{n+1}x(k-1) + a_{n+2}x(k-2) + \dots + a_{2n}x(k-n) = \sum_{i=0}^{2n} a_i x(k+n-i),$$

其中： $n < k < q - n$ ， $x(k)$ 为所述行中第 k 个像元的灰度， $y(k)$ 为所述行中第 k 个像元的背景估值，式中 a_i 的表达式为：

$$a_i = \frac{\frac{1}{x(k+n-i) - x(k+n-i-1)}}{\sum_{j=0}^{2n} \left[\frac{1}{x(k+n-j) - x(k+n-j-1)} \right]} \quad i=0,1,2,\dots,2n;$$

(3) 令 $x(k) = 0$ ，其中 $k=1, 2, \dots, n-1, n, q-n+1, q-n+2, \dots, q$ ；

(4) 逐一对所述行中的第 k 个像元进行判断，若所述像元的灰度 $x(k) \leq y(k)$ ，则认为所述像元属于图像背景；若所述像元的灰度 $x(k) > y(k)$ ，则认为所述像元不属于图像背景。

本发明与现有技术相比的优点在于：本发明方法中，同时利用某像元的前项序列和后项序列参与背景阈值估计，背景估计时所用的滤波系数采用自适应算法确定，使得本发明方法既可以用于均匀背景图像的处理也可用于非均匀背景图像的处理，继承了前项（后项）差分法和数字滤波法的优点，克服了均值-均方根法、直方图法的不足；而且本发明方法完全脱离了传统滤波器必须以频率分析为前提的设计方法，无需预先进行图像频率特性分析，无需设定门限值或者截止频率即可完成图像背景估计和判定，对于空间频率特性不同的星空图像具有较为广泛的普遍适应性。

附图说明

图 1 为本发明图像背景估计方法的流程图；

图 2 为需进行背景估计的非均匀背景星图；

图 3 为采用本发明方法对图 2 所示星图中一行的背景估计结果图；

图 4 为采用本发明方法对图 2 所示星图的背景估计结果图；

图 5 为图 2 与图 4 作差后的结果图。

具体实施方式

本发明算法的基本假设涵盖了前项（后项）差分法和数字滤波法的基本假设的部分内容，即：图像背景信号是变化缓慢信号；其对应的空间频率主要为

低频信号。根据上述假设，自适应图像背景估计算法的基本思想包括以下三个方面：

1) 在星空图像背景不均匀的条件下，某像元处的背景估值不仅应当反映该点处的灰度，而且应反映该点附近像元灰度的变化趋势。因此，需要同时利用该像元的前项序列和后项序列估计背景阈值，背景估计的表达式选取：

$$y(k) = a_0x(k+n) + a_1x(k+n-1) + \dots + a_nx(k) + a_{n+1}x(k-1) + a_{n+2}x(k-2) + \dots + a_{2n}x(k-n)。$$

2) 估值算法应具有低通滤波器的功能，能滤除掺杂在背景信号之中的高频信号（如星像等）。

3) 在参与背景估计的像元中，如果某元的前项差分（或后项差分）越大，表明存在的高频成分越多，因此该像元对估值的贡献应当越小；反之，如果某元的前项差分（或后项差分）越小，表明存在的低频成分越多，因此该像元对估值的贡献应当越大。像元对估值贡献作用的大小通过滤波系数 a_i 体现，即。

$$a_i = \frac{\frac{1}{x(k+n-i) - x(k+n-i-1)}}{\sum_{j=0}^{2n} \left[\frac{1}{x(k+n-j) - x(k+n-j-1)} \right]} \quad i=0,1,2,\dots,2n$$

本发明的图像背景估计方法流程如图 1 所示，图中 t 表示选取的星图的行号，p 和 q 分别为星图的行数和列数，n 为滤波阶次，k 为某一行中像元的序号。

由于对均匀背景星图的估计算法比较成熟，本实施例中以对图 2 所示的非均匀背景星图的处理为例，说明本发明自适应图像背景估计算法的应用。图 2 所示的非均匀背景星图的分辨率为 288 行、384 列，即 p=288，q=384。

首先从星图中抽取出第 1 行，该行中的像元编号依次为 1，2，…，383，384，然后取滤波阶次 n=4（n 的取值根据实际需求和滤波需要确定，其取值范围一般为 3~5），应用表达式

$$y(k) = a_0x(k+n) + a_1x(k+n-1) + \dots + a_nx(k) + a_{n+1}x(k-1) + a_{n+2}x(k-2) + \dots + a_{2n}x(k-n) = \sum_{i=0}^{2n} a_i x(k+n-i)，$$

逐一计算第 5~380 个像元处的背景估值，其中 x(k) 为该行中第 k 个像

元的灰度, $y(k)$ 为该像元处的背景估值; 令 $x(k) = 0$, 其中 $k=1, 2, 3, 4, 381, 382, 383, 384$; 然后逐一对该行中第 $k(k=5 \sim 380)$ 个像元进行判断, 若该像元的灰度 $x(k) \leq y(k)$, 则该像元被认为属于图像背景; 反之该像元可能是星点, 需采用后续算法进行处理。

按照前述步骤, 依次从星图中抽取出第 2、第 3、...、第 288 行的像元, 重复进行处理, 即可得到整幅星图的背景估计值。

图 3 显示了应用上述方法对图 2 所示星图的第 145 行的背景估值结果。图中横坐标为该行中像元的序号, 纵坐标为与像元对应的灰度, 曲线 1 为原始图像的灰度, 曲线 2 为采用本发明方法得到的图像背景估计值, 曲线 3 为曲线 1 和曲线 2 作差后的结果。

图 4 显示了应用上述方法对图 2 所示整幅图像背景估计的结果。

图 5 为用未经处理的图像与使用本发明图像背景估计方法处理后的图像作差后的结果, 其中像元灰度大于 0 的部分需采用后续算法进一步确认是否为要提取的恒星像斑。

本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域专业技术人员的公知技术。

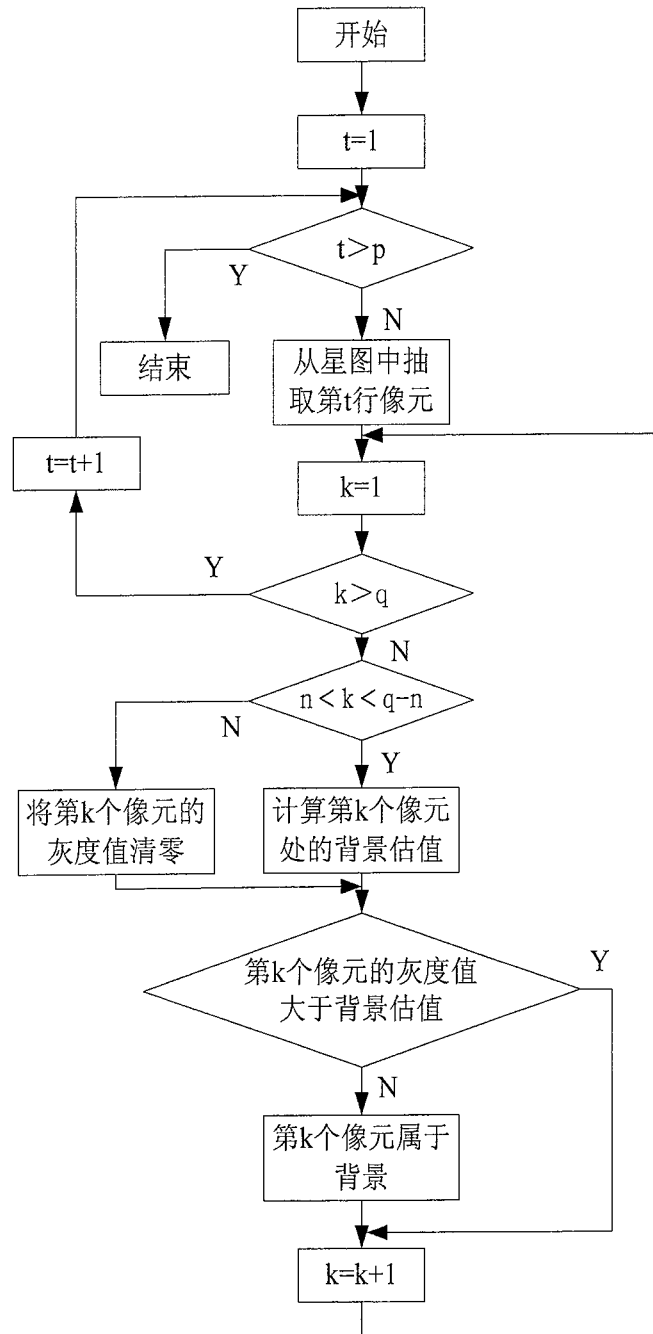


图 1

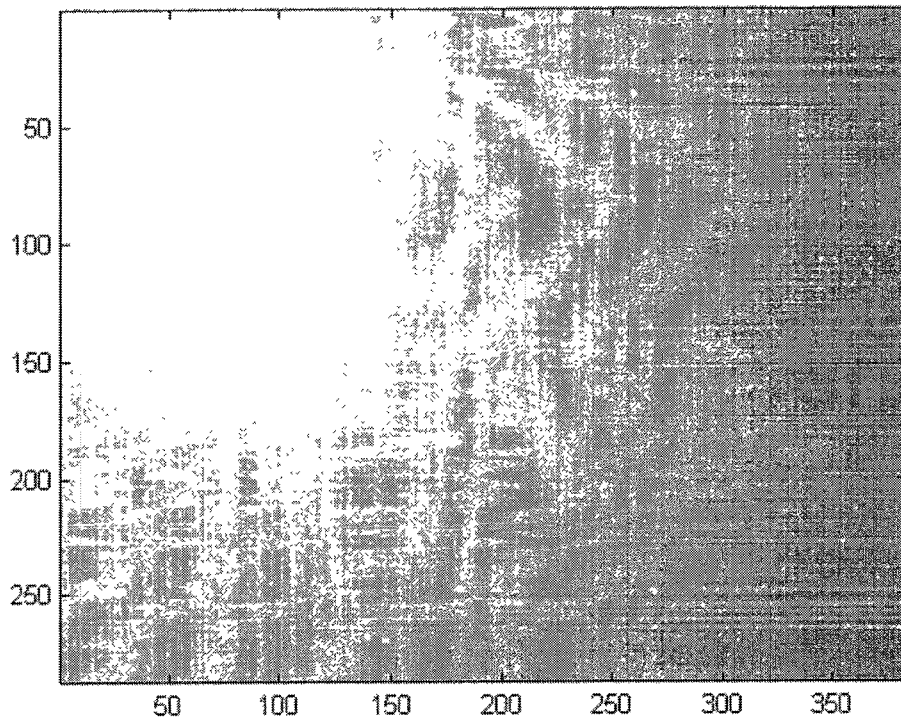


图 2

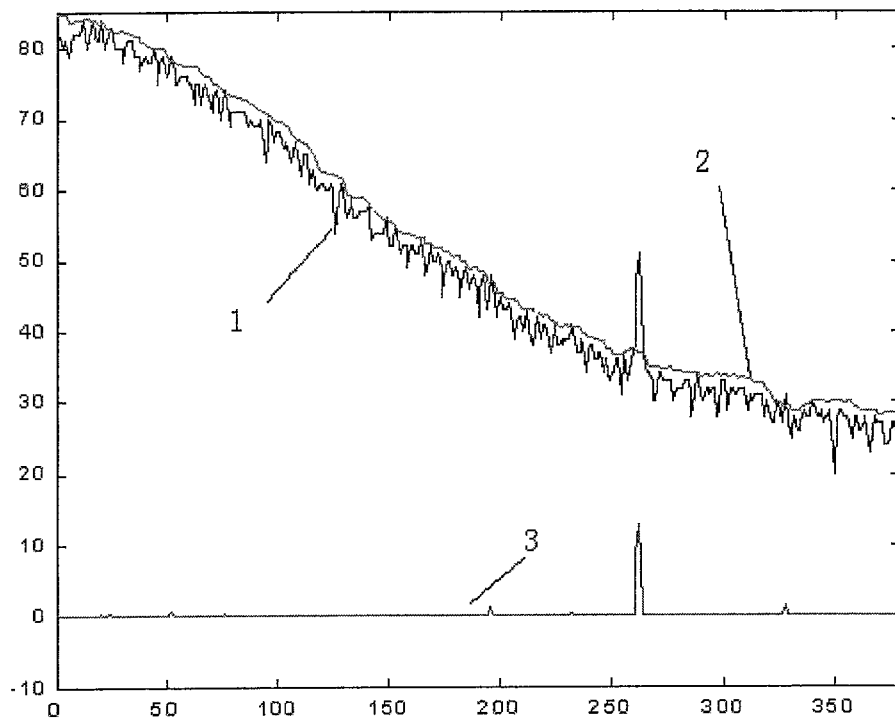


图 3

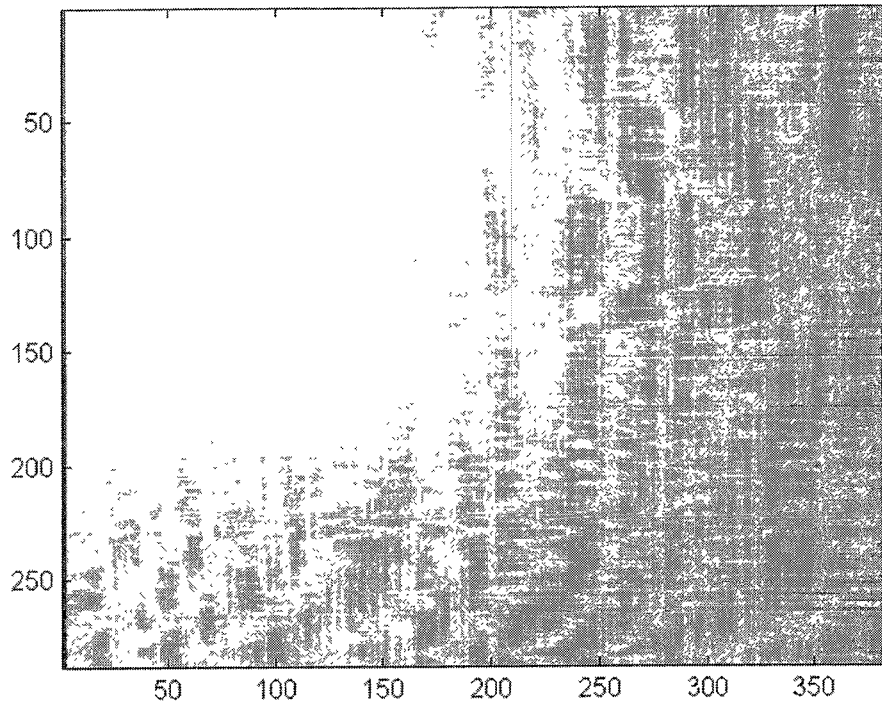


图 4

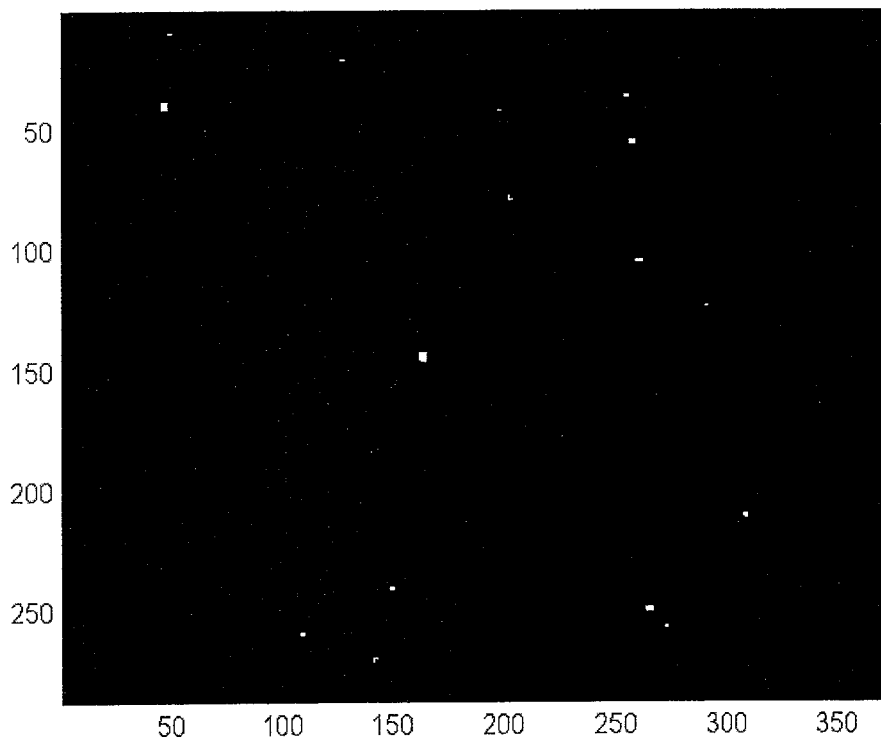


图 5