



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104537651 B

(45)授权公告日 2017.05.24

(21)申请号 201410787723.0

(22)申请日 2014.12.17

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104537651 A

(43)申请公布日 2015.04.22

(73)专利权人 中交第一公路勘察设计研究院有限公司

地址 710075 陕西省西安市高新技术产业  
开发区西区科技二路63号

(72)发明人 张娟 李伟 吴正伟

(74)专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务  
所 61216

代理人 李郑建 王芳

(51)Int.Cl.

G06T 7/13(2017.01)

(56)对比文件

CN 103061237 A,2013.04.24,说明书第  
[0014]-[0016]段,第[0037]-[0050]段].

CN 103310459 A,2013.09.18,全文.

CN 103306186 A,2013.09.18,全文.

JP 2010-133835 A,2010.06.17,全文.

胡世昆.基于数字图像处理技术的路面裂缝  
检测算法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数  
据库 信息科技辑》.2012,正文第29页第3.4部  
分,第35页第3-4段,第46页第4段,图3.4.

审查员 谢晶

权利要求书3页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种路面图像中裂缝比例检测方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种路面图像中裂缝比例检测算法及系统,读取路面三维数据矩阵;对路面三维数据矩阵进行去噪处理;由去噪后的路面三维数据矩阵识别路面裂缝,得到最终裂缝图像;从最终裂缝图像中提取裂缝种子点并进行区域生长,得到裂缝二值化图像;将裂缝二值化图像等分为多个正方形;计算路面图像中裂缝所占比例。本发明只需输入采集到的三维数据矩阵,即可快速而准确地计算出裂缝在整幅图像中的比例。

1. 一种路面图像中裂缝比例检测方法,其特征在于,具体包括如下步骤:

步骤1:读取路面三维数据矩阵;

步骤2:对路面三维数据矩阵进行去噪处理,得到去噪后的路面三维数据矩阵;

步骤3:由去噪后的路面三维数据矩阵识别路面裂缝,得到最终裂缝图像;所述步骤3具体包括如下步骤:

步骤31:对步骤2得到的去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的水平单相扫描,得到裂缝图像I1;具体是:将矩阵中每一行的数据个数N等分得到N个数据段,N为能被每行元素的个数整除的数;对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用拟合值减去对应元素的值得到水平单相扫描中的差值 $\Delta 1$ ;然后取多个阈值将所有的 $\Delta 1$ 值分为多个段,将每一段中对应的元素的值用对应的阈值替换,得到裂缝图像I1;

步骤32:将步骤2得到的去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的垂直单相扫描,得到裂缝图像I2;具体是:将矩阵中每列的数据个数M等分得到M个数据段,M为能被每列元素的个数整除的数;对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用拟合值减去其对应的元素得到垂直单相扫描中的差值 $\Delta 2$ ;然后将所有的 $\Delta 2$ 值分为多个段,将每一段中对应的元素的值用对应的阈值替换;

步骤33:将裂缝图像I1与裂缝图像I2取交集,得到交集裂缝图像I3;

步骤34:将裂缝图像I1与裂缝图像I2取并集,得到并集裂缝图像I4;

步骤35:将裂缝图像I1、裂缝图像I2、交集裂缝图像I3、并集裂缝图像I4分别划分为 $p \times q$ 个小块,p为能被每行元素的个数整除的数,q为能被每列元素的个数整除的数;

对于交集裂缝图像I3,从左到右从上而下扫描每个小块,对于每个小块,分别计算该小块在裂缝图像I1、裂缝图像I2以及交集裂缝图像I3中对应位置的小块中黑色像素点所占的比例 $R_1$ 、 $R_2$ 和 $R_3$ ;计算 $R_3$ 与 $R_1$ 的相对误差 $R_{31} = |R_1 - R_3| / R_1$ ,若 $R_1 = 0$ ,则 $R_{31} = 0$ ;计算 $R_3$ 与 $R_2$ 的相对误差 $R_{32} = |R_2 - R_3| / R_2$ ,若 $R_2 = 0$ ,则 $R_{32} = 0$ ;计算交集裂缝图像I3中该小块与裂缝图像I1、I2中对应小块的相似度 $R_{312} = 0.5 * R_{31} + 0.5 * R_{32}$ ;

对于并集裂缝图像I4,从左到右从上而下扫描每一个小块,对于每个小块,分别计算其在裂缝图像I1、裂缝图像I2、并集裂缝图像I4中对应的小块中黑色像素点所占的比例 $R_1$ 、 $R_2$ 和 $R_4$ ,计算 $R_4$ 与 $R_1$ 的相对误差记为 $R_{41} = |R_1 - R_4| / R_1$ ,若 $R_1 = 0$ ,则 $R_{41} = 0$ ;计算 $R_4$ 与 $R_2$ 的相对误差 $R_{42} = |R_2 - R_4| / R_2$ ,若 $R_2 = 0$ ,则 $R_{42} = 0$ ;  $R_{412} = 0.5 * R_{41} + 0.5 * R_{42}$ ;

步骤36:对于每个小块,比较其对应的 $R_{312}$ 与 $R_{412}$ 的大小,若 $R_{312}$ 大于等于 $R_{412}$ ,则取I4中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块;否则取I3中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块,得到最终裂缝图像I5;

步骤4:从最终裂缝图像中提取裂缝种子点并进行区域生长,得到裂缝二值化图像;

步骤5:将步骤4得到的裂缝二值化图像等分为多个正方形;

步骤6:计算路面图像中裂缝所占比例:统计包含有裂缝像素点的正方形个数和网格划分后的整幅图像中的正方形块个数,计算前者在后者中所占的比例即得到路面图像中裂缝所占比例。

2. 如权利要求1所述的路面图像中裂缝比例检测方法,其特征在于,所述步骤1中所述的路面三维数据矩阵 $O_{m \times n}$ 如下:

$$O_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & \cdots & z_{1j} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & \cdots & z_{2j} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_{i1} & z_{i2} & z_{i3} & \cdots & z_{ij} & \cdots & z_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & z_{m3} & \cdots & z_{mj} & \cdots & z_{mn} \end{bmatrix}, (i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n)$$

$z_{ij}$ 表示行号为 $i$ ,列号为 $j$ 所对应的路面高度。

3.如权利要求1所述的路面图像中裂缝比例检测方法,其特征在于,所述步骤2对路面三维数据矩阵进行去噪处理的操作如下:

画出路面高度直方图,图中横坐标为路面三维数据矩阵中的高度数据,纵坐标为路面三维数据矩阵中的对应于每个高度数据段的元素个数;将路面高度直方图中两个高度数据段所对应的元素分别标记;其他高度数据段对应的元素标记为噪声点;对标记的噪声点进行滤波处理,得到去噪后的路面三维数据矩阵。

4.一种路面图像中裂缝比例检测系统,其特征在于,包括如下依次相连接的模块:

矩阵读取模块,是用于实现路面三维数据矩阵读取的模块;

去噪模块,是用于对路面三维数据矩阵进行去噪处理得到去噪后的路面三维数据矩阵的模块;

路面裂缝识别模块,是用于从去噪后的路面三维数据矩阵得到最终裂缝图像的模块;所述路面裂缝识别模块用于实现以下功能的模块:

对去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的水平单相扫描,得到裂缝图像I1;具体是:将矩阵中每一行的数据个数 $N$ 等分得到 $N$ 个数据段, $N$ 为能被每行元素的个数整除的数;对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用拟合值减去对应元素的值得到水平单相扫描中的差值 $\Delta 1$ ;然后取多个阈值将所有的 $\Delta 1$ 值分为多个段,将每一段中对应的元素的值用对应的阈值替换,得到裂缝图像I1;

将去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的垂直单相扫描,得到裂缝图像I2;具体是:将矩阵中每列的数据个数 $M$ 等分得到 $M$ 个数据段, $M$ 为能被每列元素的个数整除的数;对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用拟合值减去其对应的元素得到垂直单相扫描中的差值 $\Delta 2$ ;然后将所有的 $\Delta 2$ 值分为多个段,将每一段中对应的元素的值用对应的阈值替换;

将裂缝图像I1与裂缝图像I2取交集,得到交集裂缝图像I3;

将裂缝图像I1与裂缝图像I2取并集,得到并集裂缝图像I4;

将裂缝图像I1、裂缝图像I2、交集裂缝图像I3、并集裂缝图像I4分别划分为 $p \times q$ 个小块, $p$ 是能被每行元素的个数整除的数, $q$ 是能被每列元素的个数整除的数;

对于交集裂缝图像I3,从左到右从上而下扫描每个小块,对于每个小块,分别计算该小块在裂缝图像I1、裂缝图像I2以及交集裂缝图像I3中对应位置的小块中黑色像素点所占的比例 $R1$ 、 $R2$ 和 $R3$ ;计算 $R3$ 与 $R1$ 的相对误差 $R31 = |R1 - R3| / R1$ ,若 $R1 = 0$ ,则 $R31 = 0$ ;计算 $R3$ 与 $R2$ 的相对误差 $R32 = |R2 - R3| / R2$ ,若 $R2 = 0$ ,则 $R32 = 0$ ;计算交集裂缝图像I3中该小块与裂缝图像I1、I2中对应小块的相似度 $R312 = 0.5 * R31 + 0.5 * R32$ ;

对于并集裂缝图像I4,从左到右从上而下扫描每一个小块,对于每个小块,分别计算其在裂缝图像I1、裂缝图像I2、并集裂缝图像I4中对应的小块中黑色像素点所占的比例R1、R2和R4,计算R4与R1的相对误差记为 $R41 = |R1-R4|/R1$ ,若 $R1=0$ ,则 $R41=0$ ;计算R4与R2的相对误差 $R42 = |R2-R4|/R2$ ,若 $R2=0$ ,则 $R42=0$ ;  $R412 = 0.5 * R41 + 0.5 * R42$ ;

对于每个小块,比较其对应的R312与R412的大小,若R312大于等于R412,则取I4中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块;否则取I3中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块,得到最终裂缝图像I5;

裂缝二值化模块,是用于从最终裂缝图像中提取裂缝种子点并进行区域生长,得到裂缝二值化图像的模块;

图像网格划分模块,是用于将裂缝二值化图像等分为多个正方形的模块;

裂缝比例计算模块:是用于实现以下功能的模块:统计包含有裂缝像素点的正方形个数和网格划分后的整幅图像中的正方形块个数,计算前者在后者中所占的比例得到路面图像中裂缝所占比例。

5. 如权利要求4所述的路面图像中裂缝比例检测系统,其特征在于,所述矩阵读取模块中所述的路面三维数据矩阵 $O_{m \times n}$ 如下:

$$O_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & \cdots & z_{1j} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & \cdots & z_{2j} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_{i1} & z_{i2} & z_{i3} & \cdots & z_{ij} & \cdots & z_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & z_{m3} & \cdots & z_{mj} & \cdots & z_{mn} \end{bmatrix}, (i = 1, 2, \cdots, m, j = 1, 2, \cdots, n)$$

$z_{ij}$ 表示行号为i,列号为j所对应的路面高度。

6. 如权利要求4所述的路面图像中裂缝比例检测系统,其特征在于,所述路面裂缝识别模块是用于实现以下功能的模块:画出路面高度直方图,图中横坐标为路面三维数据矩阵中的高度数据,纵坐标为路面三维数据矩阵中的对应于每个高度数据段的元素个数;将路面高度直方图中两个高度数据段所对应的元素分别标记;其他高度数据段对应的元素标记为噪声点;对标记的噪声点进行滤波处理。

## 一种路面图像中裂缝比例检测方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于道路工程领域,具体涉及一种路面图像中裂缝比例检测算法及系统。

### 背景技术

[0002] 根据我国的《公路养护技术规范》,我国高速公路路面评价包括四部分内容,即道路路面的平整度(行驶舒适度)、路面破损(路面破损状况指数)、弯沉(路面的结构强度)和抗滑性能(安全性)。其中,路面破损状况指数(PCI)是决策养护方案的最重要的数据,它不仅反应了路面结构的完好程度,又直接影响道路的服务寿命,为了了解和掌握路面使用性能的衰变情况,以便及时采用相应的养护和改善措施,延缓其衰变或恢复其使用性能,就必须对路面破损状况进行正确的评价,这是科学预测路面使用性能、合理制定养护维修计划、进行投资决策的重要依据之一,是路面养护中最重要的一环。而路面裂缝类病害作为路面破损检测的重要内容,其自动化检测一直是公路路面破损检测的热点和难点。

[0003] 目前,国内外的裂缝检测技术大都是采用CCD摄像机获取路面图像,然后对采集到的二维图像进行后续的处理来识别裂缝,进而对裂缝的类别进行判断和提取裂缝的特征信息。但是,采集到的二维图像往往会受到路面光照、油污、建筑物以及树等的影子的影响,这样会使得基于二维图像的裂缝分析受到很大的干扰,大大影响裂缝占路面比例检测的准确度,因此研究一种效率高、检测精确高的路面图像中裂缝比例检测技术是十分有必要的。

### 发明内容

[0004] 针对上述现有技术中存在的缺陷或不足,本发明的一个目的在于,提供一种路面图像中裂缝比例检测算法。

[0005] 为了达到上述目的,本发明采用如下的技术方案:

[0006] 一种路面图像中裂缝所占比例检测算法,具体包括如下步骤:

[0007] 步骤1:读取路面三维数据矩阵;

[0008] 步骤2:对路面三维数据矩阵进行去噪处理,得到去噪后的路面三维数据矩阵;

[0009] 步骤3:由去噪后的路面三维数据矩阵识别路面裂缝,得到最终裂缝图像;

[0010] 步骤4:从最终裂缝图像中提取裂缝种子点并进行区域生长,得到裂缝二值化图像。

[0011] 步骤5:将步骤4得到的裂缝二值化图像等分为多个正方形;

[0012] 步骤6:计算路面图像中裂缝所占比例:统计包含有裂缝像素点的正方形个数和网格划分后的整幅图像中的正方形块个数,计算前者在后者中所占的比例即得到路面图像中裂缝所占比例。

[0013] 进一步的,所述步骤1中所述的路面三维数据矩阵 $O_{m \times n}$ 如下:

$$[0014] \quad O_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & \cdots & z_{1j} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & \cdots & z_{2j} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_{i1} & z_{i2} & z_{i3} & \cdots & z_{ij} & \cdots & z_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & z_{m3} & \cdots & z_{mj} & \cdots & z_{mn} \end{bmatrix}, (i=1, 2 \cdots m, j=1, 2 \cdots n)$$

[0015]  $z_{ij}$ 表示行号为*i*,列号为*j*所对应的路面高度。

[0016] 进一步的,所述步骤2对路面三维数据矩阵进行去噪处理的操作如下:

[0017] 画出路面高度直方图,图中横坐标为路面三维数据矩阵中的高度数据,纵坐标为路面三维数据矩阵中的对应于每个高度数据段的元素个数;将路面高度直方图中两个高度数据段所对应的元素分别标记;其他高度数据段对应的元素标记为噪声点;对步骤22中标记的噪声点进行滤波处理。

[0018] 进一步的,所述步骤3具体包括如下步骤:

[0019] 步骤31:对步骤2得到的去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的水平单相扫描,得到裂缝图像I1;具体是:将矩阵中每一行的数据个数*N*等分得到*N*个数据段,*N*为能被每行元素的个数整除的数;对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用拟合值减去对应元素的值得到差值 $\Delta$ ;然后取多个阈值将所有的 $\Delta$ 值分为多个段,将每一段中对应的元素的值用对应的阈值替换,得到裂缝图像I1;

[0020] 步骤32:将步骤2得到的去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的垂直单相扫描,得到裂缝图像I2;具体是:将矩阵中每一列的数据个数*M*等分得到*M*个数据段,*M*是能被每列元素的个数整除的数;对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用拟合值减去其对应的元素的值 $\Delta$ ;然后将所有的 $\Delta$ 值分为多个段,将每一段中对应的元素的值用对应的阈值替换;

[0021] 步骤33:将裂缝图像I1与裂缝图像I2取交集,得到交集裂缝图像I3;

[0022] 步骤34:将裂缝图像I1与裂缝图像I2取并集,得到并集裂缝图像I4;

[0023] 步骤35:将裂缝图像I1、裂缝图像I2、交集裂缝图像I3、并集裂缝图像I4分别划分为*m*\**n*个小块,*m*是能被每行元素的个数整除的数,*n*是能被每列元素的个数整除的数;

[0024] 对于交集裂缝图像I3,从左到右从上而下扫描每个小块,对于每个小块,分别计算该小块在裂缝图像I1、裂缝图像I2以及交集裂缝图像I3中对应位置的小块中黑色像素点所占的比例*R*<sub>1</sub>、*R*<sub>2</sub>和*R*<sub>3</sub>;计算*R*<sub>3</sub>与*R*<sub>1</sub>的相对误差*R*<sub>31</sub>= $|R_1-R_3|/R_1$ ,若*R*<sub>1</sub>=0,则*R*<sub>31</sub>=0;计算*R*<sub>3</sub>与*R*<sub>2</sub>的相对误差*R*<sub>32</sub>= $|R_2-R_3|/R_2$ ,若*R*<sub>2</sub>=0,则*R*<sub>32</sub>=0;计算交集裂缝图像I3中该小块与裂缝图像I1、I2中对应小块的相似度*R*<sub>312</sub>=0.5\**R*<sub>31</sub>+0.5\**R*<sub>32</sub>。

[0025] 对于并集裂缝图像I4,从左到右从上而下扫描每一个小块,对于每个小块,分别计算其在裂缝图像I1、裂缝图像I2、并集裂缝图像I4中对应的小块中黑色像素点所占的比例*R*<sub>1</sub>、*R*<sub>2</sub>和*R*<sub>4</sub>,计算*R*<sub>4</sub>与*R*<sub>1</sub>的相对误差记为*R*<sub>41</sub>= $|R_1-R_4|/R_1$ ,若*R*<sub>1</sub>=0,则*R*<sub>41</sub>=0;计算*R*<sub>4</sub>与*R*<sub>2</sub>的相对误差*R*<sub>42</sub>= $|R_2-R_4|/R_2$ ,若*R*<sub>2</sub>=0,则*R*<sub>42</sub>=0;*R*<sub>412</sub>=0.5\**R*<sub>41</sub>+0.5\**R*<sub>42</sub>。

[0026] 步骤36:对于每个小块,比较其对应的*R*<sub>312</sub>与*R*<sub>412</sub>的大小,若*R*<sub>312</sub>大于等于*R*<sub>412</sub>,则取I4中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块。否则取I3中的相应小块作为

最终裂缝图像中的相应位置的小块,得到最终裂缝图像I5。

[0027] 本发明的另一个目的是,提供一种路面图像中裂缝所占比例检测系统,包括如下依次相连接的模块:

[0028] 矩阵读取模块,是用于实现路面三维数据矩阵读取的模块;

[0029] 去噪模块,是用于对路面三维数据矩阵进行去噪处理得到去噪后的路面三维数据矩阵的模块;

[0030] 路面裂缝识别模块,是用于从去噪后的路面三维数据矩阵得到最终裂缝图像的模块。

[0031] 裂缝二值化模块,是用于从最终裂缝图像中提取裂缝种子点并进行区域生长,得到裂缝二值化图像的模块;

[0032] 图像网格划分模块,是用于将裂缝二值化图像等分为多个正方形的模块;

[0033] 裂缝比例计算模块:是用于实现以下功能的模块:统计包含有裂缝像素点的正方形个数和网格划分后的整幅图像中的正方形块个数,计算前者在后者中所占的比例得到路面图像中裂缝所占比例。

[0034] 进一步的,所述矩阵读取模块中所述的路面三维数据矩阵 $O_{m \times n}$ 如下:

$$[0035] \quad O_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & \cdots & z_{1j} & \cdots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & \cdots & z_{2j} & \cdots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_{i1} & z_{i2} & z_{i3} & \cdots & z_{ij} & \cdots & z_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & z_{m3} & \cdots & z_{mj} & \cdots & z_{mn} \end{bmatrix}, (i=1, 2 \cdots m, j=1, 2 \cdots n)$$

[0036]  $z_{ij}$ 表示行号为 $i$ ,列号为 $j$ 所对应的路面高度。

[0037] 进一步的,所述路面裂缝识别模块是用于实现以下功能的模块:画出路面高度直方图,图中横坐标为路面三维数据矩阵中的高度数据,纵坐标为路面三维数据矩阵中的对应于每个高度数据段的元素个数;将路面高度直方图中两个高度数据段所对应的元素分别标记;其他高度数据段对应的元素标记为噪声点;对步骤22中标记的噪声点进行滤波处理,得到去噪后的路面三维数据矩阵。

[0038] 进一步的,所述裂缝二值化模块是用于实现以下功能的模块:

[0039] 对去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的水平单相扫描,得到裂缝图像I1;具体是:将矩阵中每一行的数据个数 $N$ 等分得到 $N$ 个数据段, $N$ 为能被每行元素的个数整除的数;对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用拟合值减去对应元素的值得到差值 $\Delta$ ;然后取多个阈值将所有的 $\Delta$ 值分为多个段,将每一段中对应的元素的值用对应的阈值替换,得到裂缝图像I1;

[0040] 将去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的垂直单相扫描,得到裂缝图像I2;具体是:将矩阵中每列的数据个数 $M$ 等分得到 $M$ 个数据段, $M$ 是能被每列元素的个数整除的数;对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用拟合值减去其对应的元素的值 $\Delta$ ;然后将所有的 $\Delta$ 值分为多个段,将每一段中对应的元素的值用对应的阈值替换;

[0041] 将裂缝图像I1与裂缝图像I2取交集,得到交集裂缝图像I3;

[0042] 将裂缝图像I1与裂缝图像I2取并集,得到并集裂缝图像I4;

[0043] 将裂缝图像I1、裂缝图像I2、交集裂缝图像I3、并集裂缝图像I4分别划分为 $m*n$ 个小块, $m$ 是能被每行元素的个数整除的数, $n$ 是能被每列元素的个数整除的数;

[0044] 对于交集裂缝图像I3,从左到右从上而下扫描每个小块,对于每个小块,分别计算该小块在裂缝图像I1、裂缝图像I2以及交集裂缝图像I3中对应位置的小块中黑色像素点所占的比例 $R_1$ 、 $R_2$ 和 $R_3$ ;计算 $R_3$ 与 $R_1$ 的相对误差 $R_{31} = |R_1 - R_3| / R_1$ ,若 $R_1 = 0$ ,则 $R_{31} = 0$ ;计算 $R_3$ 与 $R_2$ 的相对误差 $R_{32} = |R_2 - R_3| / R_2$ ,若 $R_2 = 0$ ,则 $R_{32} = 0$ ;计算交集裂缝图像I3中该小块与裂缝图像I1、I2中对应小块的相似度 $R_{312} = 0.5 * R_{31} + 0.5 * R_{32}$ 。

[0045] 对于并集裂缝图像I4,从左到右从上而下扫描每一个小块,对于每个小块,分别计算其在裂缝图像I1、裂缝图像I2、并集裂缝图像I4中对应的小块中黑色像素点所占的比例 $R_1$ 、 $R_2$ 和 $R_4$ ,计算 $R_4$ 与 $R_1$ 的相对误差记为 $R_{41} = |R_1 - R_4| / R_1$ ,若 $R_1 = 0$ ,则 $R_{41} = 0$ ;计算 $R_4$ 与 $R_2$ 的相对误差 $R_{42} = |R_2 - R_4| / R_2$ ,若 $R_2 = 0$ ,则 $R_{42} = 0$ ;  $R_{412} = 0.5 * R_{41} + 0.5 * R_{42}$ 。

[0046] 对于每个小块,比较其对应的 $R_{312}$ 与 $R_{412}$ 的大小,若 $R_{312}$ 大于等于 $R_{412}$ ,则取I4中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块。否则取I3中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块,得到最终裂缝图像I5。

[0047] 与现有技术相比,本发明提出的方法具有以下优点:

[0048] 1、采用面测量,只需输入采集到的路面三维数据矩阵,即可完成裂缝的种类判别以及特征提取,其效率高、检测精确,适合在实时系统中采用。

[0049] 2、对于所需要的裂缝数据以及正常的路面数据保持原值不予进行滤波处理,而只对毛刺点数据进行滤波去噪,从而更好的保证了去噪处理后的三维信息数据的准确性。

[0050] 3、由去噪处理后的三维数据矩阵直接识别裂缝,避免了由二维图像识别裂缝时由于路面光照、油污、建筑物以及树等的影子的影响而造成的裂缝识别率低的问题。本发明采用基于双相扫描的交并拼接方法进行裂缝识别,兼顾了单独采用交集裂缝图像以及单独采用并集裂缝图像的优缺点,在交集裂缝图像与并集裂缝图像中择优取块而进行拼接,使得最终得到的裂缝图像在尽可能的保留裂缝的全部信息的同时,也使得噪声点减到最小,这样得到的裂缝图像对于后续的特征提取更有实用意义。

[0051] 4、采用合适数量的正方形将裂缝二值图像进行网格化,并将裂缝区域标出,使得计算操作简单、直观、高效,便于在实时系统中采用。

[0052] 以下结合附图和具体实施方式对本发明作进一步解释说明。

## 附图说明

[0053] 图1是本发明的路面图像中裂缝比例检测算法的流程图。

[0054] 图2是原始路面三维数据的三维显示图。

[0055] 图3是去噪后的路面三维数据的三维显示图。

[0056] 图4是由三维数据直接识别出来的最终裂缝图像。

[0057] 图5是提取种子点算法流程图。

[0058] 图6是提取出来的种子点图像。

[0059] 图7是区域生长后得到的裂缝二值化图像。

[0060] 图8是4\*4标定后的裂缝图像。



- [0061] 图9是5\*5标定后的裂缝图像。  
[0062] 图10是8\*8标定后的裂缝图像。  
[0063] 图11是10\*10标定后的裂缝图像。  
[0064] 图12是16\*16标定后的裂缝图像。  
[0065] 图13是20\*20标定后的裂缝图像。  
[0066] 图14是25\*25标定后的裂缝图像。  
[0067] 图15是原始路面三维数据高度直方图。  
[0068] 图16是本发明的路面图像中裂缝比例检测系统的功能结构框图。

### 具体实施方式

[0069] 以下是发明人提供的具体实施例,需要说明的是,所提供的实施例是对本发明的进一步解释说明,本发明的保护范围并不限于所给实施例。

[0070] 参见图1,遵循本发明的技术方案,本实施例的路面裂缝在路面图像中所占比例的检测算法包括如下步骤:

[0071] 步骤2:对路面三维数据矩阵进行去噪处理,得到去除噪声后的路面三维数据矩阵;包括如下步骤:

[0072] 步骤21:画出路面高度直方图:即对路面三维数据矩阵的处于各个高度数据段的元素个数进行统计,在该路面高度直方图中,横坐标为路面三维数据矩阵中的高度数据,纵坐标为路面三维数据矩阵中的对应于每个高度数据段的元素个数;

[0073] 步骤22:进行元素标记:路面高度直方图存在两个波峰,一个波峰所在的高度数据段代表正常路面的元素,另一个波峰所在的高度数据段代表裂缝的元素,将这两个高度数据段所对应的元素分别在路面三维数据矩阵中进行标记;其他高度数据段对应的元素在路面三维数据矩阵中标记为噪声点。

[0074] 步骤23:对步骤22中标记的噪声点进行滤波处理。1)逐行处理:对噪声点元素所在行的所有数据求算术平均值,然后将该噪声点元素用该算术平均值代替。2)逐列处理:在逐行处理后的路面三维数据矩阵中,对噪声点元素所在列的所有数据求算术平均值,然后将该噪声点元素用该列的算术平均值代替,得到去噪后的路面三维数据矩阵。

[0075] 步骤3:由去噪后的三维数据矩阵直接识别出路面裂缝;

[0076] 对步骤2得到的去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的水平单相扫描,得到裂缝图像I1。将每一行的数据8等分得到8个数据段。对每个数据段中的元素进行曲线拟合,用元素的拟合值减去其对应的值得到差值 $\Delta$ (亦即该元素在去噪后的路面三维数据矩阵中的值)。然后进行阈值分割,即选取不同的阈值对 $\Delta$ 的值进行判断,根据 $\Delta$ 所处的阈值范围赋予矩阵中的元素新的数值。借鉴裂缝的破损等级划分为轻、中、重的思想,本实施例的阈值设置为3个,采用基于行标准值与行平均值组合的自适应阈值,即对某一行的数据进行处理时,该行数据的阈值是通过自动计算该行数据的平均值与标准差,然后由该平均值与该标准差组合成三个不同的阈值。这三个阈值将数据分为四个深度范围,根据 $\Delta$ 所处的深度范围可将矩阵中的元素分别赋予四个不同的数值(即四值化处理):0,64,128,255(0-255之间平均分为四个值)。然后以这些新值作为图像的灰度值,显示图像,便可得到水平单相扫描检测后的四值化裂缝图像I1。由于去噪后的三维高度矩阵中的高度数据

有大小之分,亦即采集到的裂缝有深浅之分,因此I1中初步识别出的裂缝颜色也有深浅之分。借鉴裂缝破损程度的轻、中、重等级划分思想,将I1中裂缝点灰度值处于 $[0, 64)$ 认为是“重”裂缝点,处于 $[64, 128)$ 认为是“中”裂缝点,处于 $[128, 255]$ 认为是“轻”裂缝点。对步骤2得到的去噪后的路面三维数据矩阵进行基于平均值法曲线拟合的垂直单相扫描,得到裂缝图像I2,与水平单相扫描检测方法相似,不再赘述。

[0077] 分别将裂缝图像I1与裂缝图像I2取交集和并集,得到交集裂缝图像I3和并集裂缝图像I4,然后将I1、I2、I3、I4分别划分为 $20 \times 20$ 个小块。然后对于每个小块,比较其对应的R312与R412的大小,若R312大于等于R412,则说明该小块在I4中的相应小块比在I3中的相应小块更接近I1与I2中的相应小块,因此,对于该小块,取I4中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块。否则,对于该小块,取I3中的相应小块作为最终裂缝图像中的相应位置的小块;得到最终裂缝图像I5。

[0078] 步骤3中,交集裂缝图像I3中噪声点减弱,确保噪声点之外的肯定是裂缝信息;并集裂缝图像I4中噪声点加重,但确保含有所有的裂缝信息。因此,单独采用交集裂缝图像或者单独采用并集裂缝图像都不能很好地识别裂缝。本发明采用基于双相扫描的交并拼接方法进行裂缝识别,兼顾了单独采用交集裂缝图像以及单独采用并集裂缝图像的优缺点,在交集裂缝图像I3与并集裂缝图像I4中择优取块而进行拼接,使得最终裂缝图像在尽可能的保留裂缝的全部信息的同时,也使得噪声点减到最小,这样得到的裂缝图像对于后续的特征提取更有实用意义。

[0079] 步骤4:提取裂缝种子点并进行区域生长以得到裂缝二值化图像;

[0080] 为了将步骤3得到最终裂缝图像中存在的一些非裂缝点去除,需要进一步分割图像。在分割图像时,存在不可避免的过度分割,即在去除非裂缝点的同时也会去掉一些浅裂缝点。由于过度分割后保留下来的深裂缝点与被分割掉的浅裂缝点存在一定的灰度相似性以及空间连续性,而与分割掉的非裂缝点虽有一定的灰度相似性但是空间连续性极差,因此本发明的步骤4中,将过度分割后的深裂缝点当作种子点来进行区域生长,以恢复分割掉的裂缝点同时避免非裂缝点的再次出现。在步骤3得到的裂缝图像中,颜色越深(即灰度值越小)说明所在部位裂缝越深,因此可以确定该裂缝图像中一些颜色较深的像素点一定是位于裂缝上的像素点。这样只需对步骤3得到的最终裂缝图像选取合适的阈值进行二值化处理便可以得到种子点。经试验,本实施例中提取种子点时的阈值取为64。种子点提取流程图如图5所示,提取得到的种子点如图6所示,将提取得到的种子点放到步骤3提取出来的裂缝图像中进行区域生长,生长准则是将种子点与其8邻域的像素点逐个比较,判断待生长像素与种子点像素的灰度值的差的绝对值是否在设定的阈值范围内,若在,则认为该待生长像素包含在种子区域内,否则认为该待生长像素是背景点。对新的种子点继续相同的区域生长,直到没有新的像素包括到种子里,得到如图7所示的裂缝二值化图像。

[0081] 步骤5:将步骤4得到的裂缝二值化图像等分为多个正方形;

[0082] 为了选取合适的正方形进行了试验,将步骤4得到的裂缝二值化图像分别划分为 $4 \times 4$ 、 $5 \times 5$ 、 $8 \times 8$ 、 $10 \times 10$ 、 $16 \times 16$ 、 $20 \times 20$ 、 $25 \times 25$ 的正方形块。 $4 \times 4$ 中裂缝如图8所示,裂缝所占比例为43.75%; $5 \times 5$ 中裂缝如图9所示,裂缝所占比例为28%; $8 \times 8$ 中裂缝如图10所示,裂缝所占比例为20.31%; $10 \times 10$ 中裂缝如图11所示,裂缝所占比例为15%; $16 \times 16$ 中裂缝标定结果图如图12所示,裂缝所占比例为9.77%; $20 \times 20$ 中裂缝如图13所示,裂缝所占比例为7.50%;

25\*25中裂缝如图14所示,裂缝所占比例为7.20%。分析上述不同的划分方法的结果,考虑到结果的准确性以及程序的运行速度等因素,本系统中采用将裂缝图像划分为20\*20,亦即将裂缝图像划分为400个小正方形块,每个小正方形块的大小为50\*50(以像素为单位),然后通过对划分后的裂缝图像中的小正方形块从上到下从左到右的扫描,将有裂缝点的小正方形块标定为红色,这样便可标定出裂缝所在的区域,裂缝如图14所示。

[0083] 步骤6:计算路面图像中裂缝所占比例。

[0084] 由图13可知,含有裂缝的正方形块的个数为 $num=30$ (个),而整幅裂缝图像中小正方形块的个数为 $sum=400$ (个),得到裂缝占图像比例 $r=num/sum=30/400=0.075=7.50\%$ 。

[0085] 遵循本发明的技术方案,进行了本发明的路面图像中裂缝所占比例检测系统的开发,以下是运行该系统的结果与传统的水准仪法的结果进行比较。如图16所示,为本发明的系统的功能结构框图。

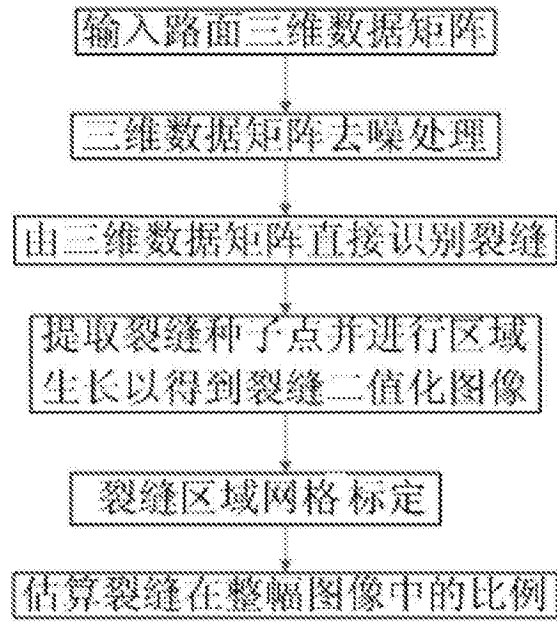


图1

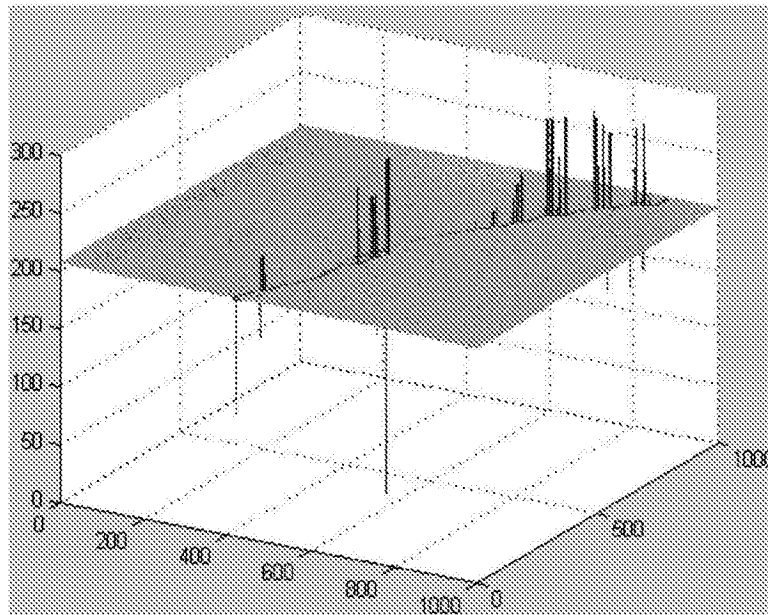


图2

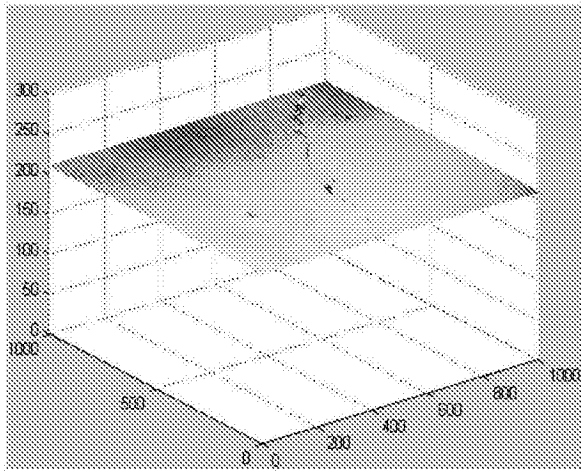


图3

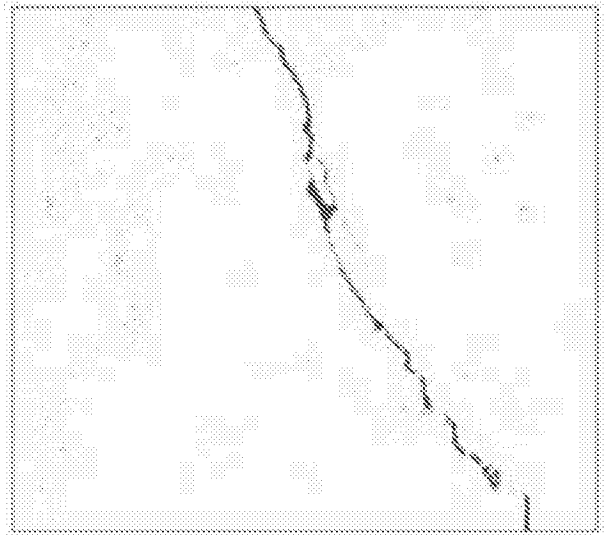


图4

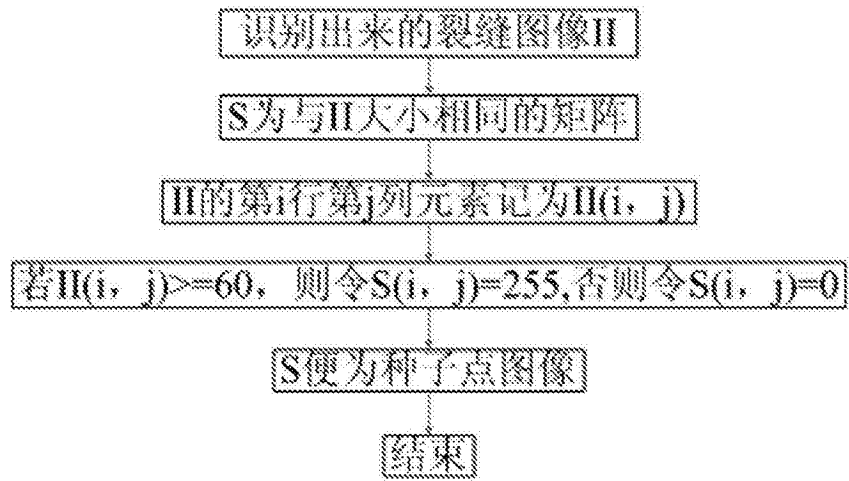


图5

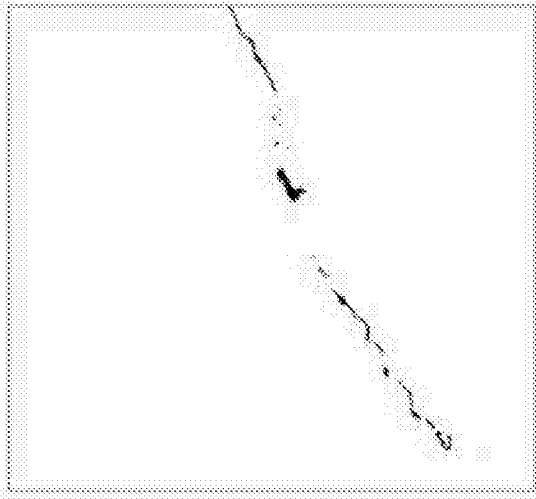


图6

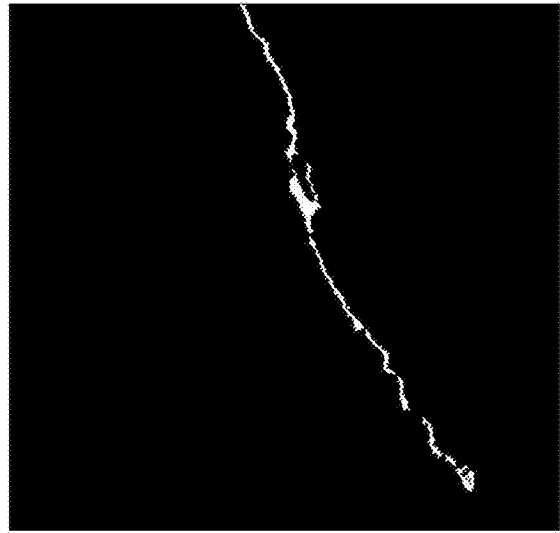


图7

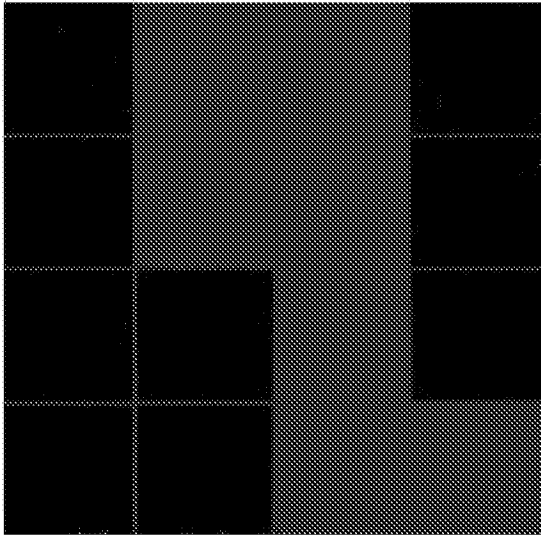


图8

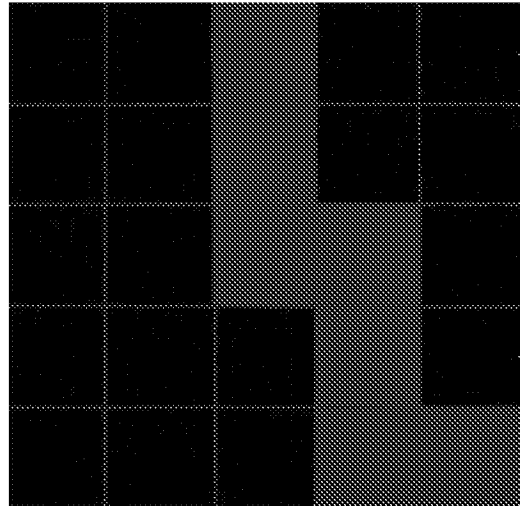


图9

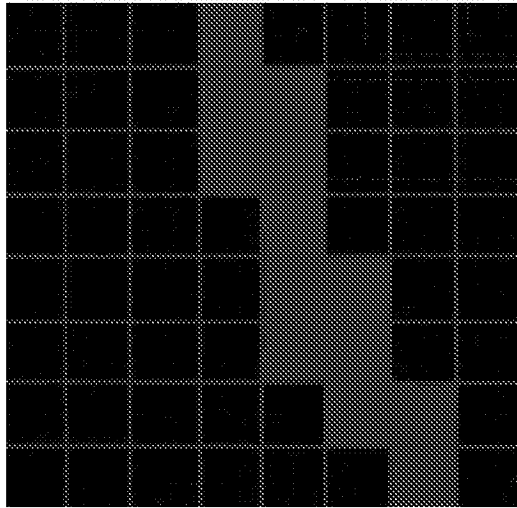


图10

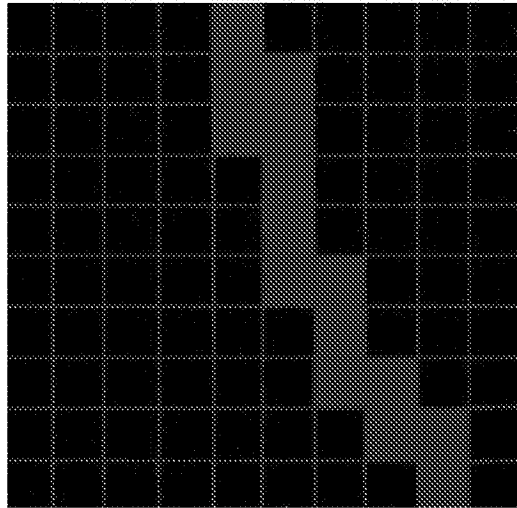


图11

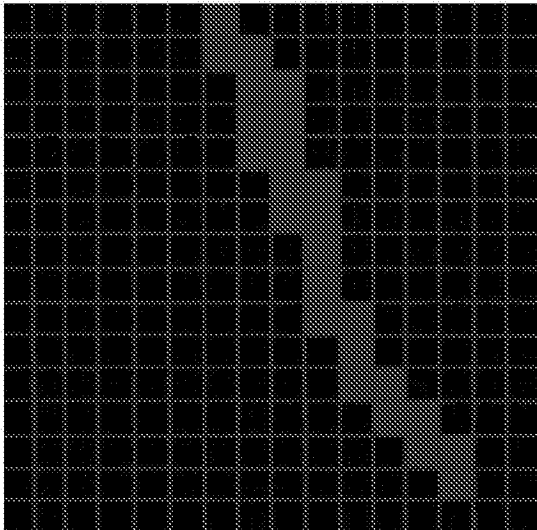


图12

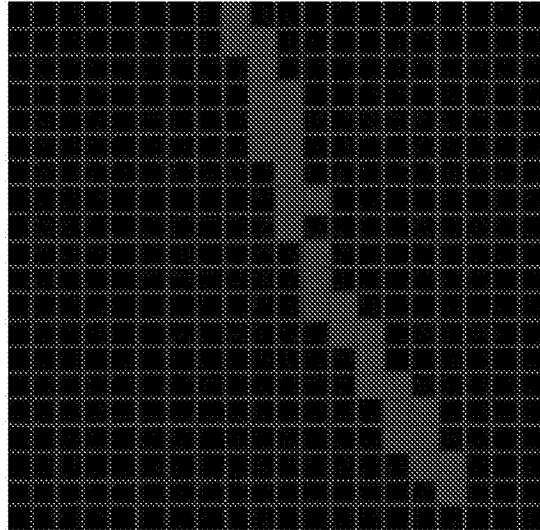


图13

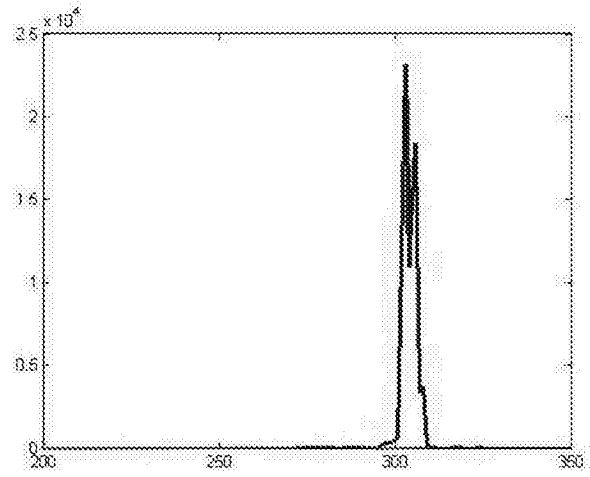
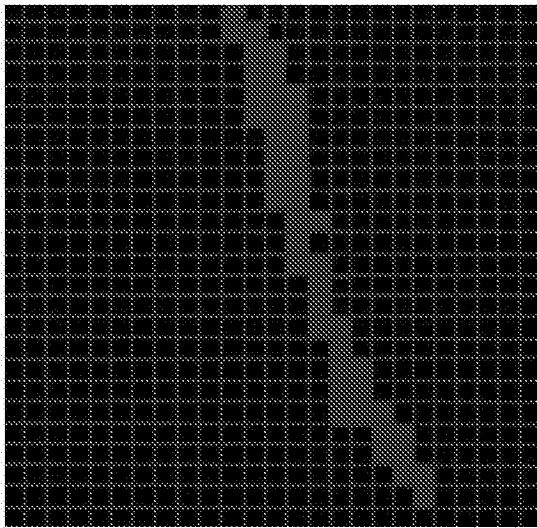


图14

图15



图16