



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104156956 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 19

(21) 申请号 201410382235. 1

(22) 申请日 2014. 08. 06

(71) 申请人 中国科学院生物物理研究所  
地址 100101 北京市朝阳区大屯路 15 号

(72) 发明人 刘苏 赵旭东 王秀春

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐宁 孙楠

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2006. 01)

权利要求书3页 说明书9页 附图5页

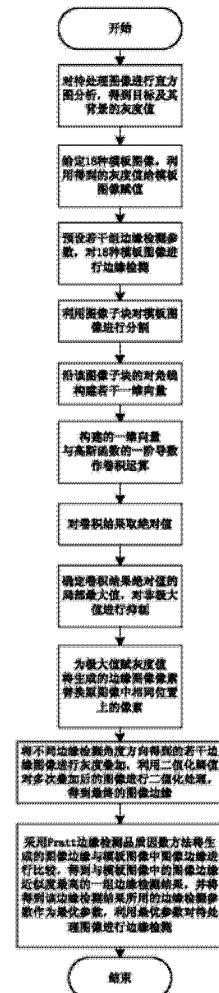
(54) 发明名称

一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法,其包括以下步骤:对待处理图像进行直方图分析,得到目标及其背景的灰度值,采用得到的灰度值对给定的 18 种模板图像进行赋值;预设若干组边缘检测参数,采用预设的若干组边缘检测参数分别对赋值后的 18 种模板图像进行边缘检测,并找出与模板图像近似度最高的边缘检测结果,将得到该结果所用的边缘检测参数作为最优参数,采用得到的最优参数,通过对待处理图像作以下处理:图像分割、构建若干一维向量、作卷积运算并取绝对值、确定局部极大值、对局部极大值灰度值并替换原图像中相同位置上的像素、以及对多次叠加后图像的边缘进行二值化处理,得到边缘检测后的图像。

CN 104156956 A



1. 一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法,其包括以下步骤:

1) 对待处理图像进行直方图分析,得到目标及其背景的灰度值,采用得到的灰度值对给定的 18 种模板图像进行赋值;

2) 预设若干组边缘检测参数,采用预设的若干组边缘检测参数分别对赋值后的 18 种模板图像进行边缘检测,并找出与模板图像近似度最高的边缘检测结果,将得到该结果所用的边缘检测参数作为最优参数,其具体包括以下步骤:

(1) 利用  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块对模板图像进行分割,将模板图像分割为若干个  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块,其中,  $\theta$  为边缘检测角度,  $\theta \in [45^\circ, 90^\circ)$ ;

(2) 在  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块中沿其对角线构建若干一维向量;

(3) 将构建的若干一维向量分别与高斯函数的一阶导数  $f_{\sigma}(t)$  作卷积运算,并对卷积运算结果取绝对值;

(4) 确定卷积结果绝对值的局部极大值;

(5) 对得到的局部极大值赋灰度值,并根据像素下标将生成的边缘图像像素替换原图像中相同位置上的像素;

(6) 将不同边缘检测角度方向得到的若干边缘图像进行灰度叠加,根据多次叠加后图像的灰度直方图,将灰度百分比最高的灰度值作为二值化阈值,根据该二值化阈值对多次叠加后图像的边缘进行二值化处理;

(7) 采用 Pratt 边缘检测品质因数方法将生成的图像边缘与模板图像中图像边缘进行比较,得到与模板图像边缘近似度最高的一组边缘检测结果,并将得到该边缘检测结果所用的边缘检测参数作为最优参数;

3) 采用步骤 2) 得到的最优参数,重复步骤 2) 中得的步骤 (1) ~ 步骤 (6),对待处理图像进行边缘检测。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法,其特征在于:所述步骤 2) 中,预设的边缘检测参数包括高斯函数的一阶导数  $f_{\sigma}(t)$  的参数  $\sigma$ 、一维峰值极大值阈值  $\alpha$  和二值化阈值。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法,其特征在于:所述步骤 2) 中,对  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块构建一维向量,其包括:

① 根据边缘检测角度  $\theta$  的取值范围:  $\theta \in [45^\circ, 90^\circ)$ , 给出  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子

块的三种形式  $Q_{\theta_1}$ 、 $Q_{\theta_2}$  和  $Q_{90^\circ}$ ,  $Q_{\theta_1}$ 、 $Q_{\theta_2}$  和  $Q_{90^\circ}$  分别用像素  $a$  表示为:

$$Q_{\theta_1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1k} & & & & & a_{1[(m-1)(k-1)+1]} & a_{1[(m-1)(k-1)+2]} & \cdots & a_{1[m(k-1)]} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2k} & a_{2(k+1)} & \cdots & a_{2(2k-1)} & & a_{2[(m-1)(k-1)+1]} & a_{2[(m-1)(k-1)+2]} & \cdots & a_{2[m(k-1)]} \\ & & & a_{2k} & \cdots & \cdots & a_{2(2k-1)} & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ & & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mk} & \cdots & & & & a_{m[(m-1)(k-1)+1]} & a_{m[(m-1)(k-1)+2]} & \cdots & a_{m[m(k-1)]} \end{bmatrix}$$

$\theta_1$  为图像子块的形式  $Q_{\theta_1}$  对应的边缘检测角度,  $\theta_1 = \arctan \frac{(k-1)m+1}{m}$ ,  $k=2,3,\dots$ ;

$$Q_{\theta_2} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & a_{1(k+1)} & \dots & a_{1(2k)} & \dots & \dots & a_{1[(m-1)k+1]} & \dots & a_{1(mk)} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} & a_{2(k+1)} & \dots & a_{2(2k)} & \dots & \dots & a_{2[(m-1)k+1]} & \dots & a_{2(mk)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & a_{(m-1)[(m-1)k+1]} & \dots & a_{(m-1)(mk)} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mk} & \dots & \dots & \dots & a_{m[(m-2)k+1]} & \dots & a_{m[(m-1)k]} & \dots & a_{m(mk)} \end{bmatrix}$$

$\theta_2$  为图像子块的形式  $Q_{\theta_2}$  对应的边缘检测角度,  $\theta_2 = \arctan \frac{km}{m}$ ,  $k=1, 2, 3, \dots$ ;

$$Q_{90^\circ} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1m} \\ & a_{21} & & & \vdots \\ & & & & \vdots \\ & & & & \vdots \\ & & & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & \dots & \dots & a_{mm} \end{bmatrix};$$

②对于  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的形式  $Q_{\theta}$ , 按照以下形式

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & & & & & & & & & \\ & & & a_{2k} & a_{2(k+1)} & \dots & a_{2(2k-1)} & & & & & \vdots & \vdots \\ & & & & & & & & & & & \vdots & \vdots \\ & & & & & & & & & & & \vdots & \vdots \\ & & & & & & & & & & & \vdots & \vdots \\ & & & & & & & & & & & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & & & & & & & & & & \vdots & \vdots \end{bmatrix},$$

沿图像子块的形式  $Q_{\theta}$  的对角线方向取若干一维向量  $X_1, X_2, \dots, X_m$  和  $Y_1, \dots, Y_{m-1}$ ,

$$\begin{cases} X_1 = [a_{11} & \dots & a_{1k}, a_{2k} & \dots & a_{2(2k-1)}, \dots & \dots & a_{m[(m-1)(k-1)+1]} & \dots & a_{m[m(k-1)+1]}] \\ X_2 = [a_{21} & \dots & a_{2k}, a_{3k} & \dots & a_{3(2k-1)}, \dots & \dots & a_{m[(m-2)(k-1)+1]} & \dots & a_{m[(m-1)(k-1)+1]}] \\ & \vdots \\ X_m = [a_{m1} & \dots & a_{mk}] \\ Y_{m-1} = [a_{1k} & \dots & a_{1(2k-1)}, a_{2(2k-1)} & \dots & a_{2(3k-2)}, \dots & \dots & a_{(m-1)[(m-1)(k-1)+1]} & \dots & a_{(m-1)[m(k-1)+1]}] \\ Y_1 = [a_{1[(m-1)(k-1)+1]} & \dots & a_{1[m(k-1)+1]}] \end{cases},$$

对于  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的形式  $Q_{\theta_2}$ , 按照以下形式

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & \\ \dots & \dots & & & & & & & & & & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & & & & & & & & & & \vdots & \vdots \end{bmatrix},$$

沿图像子块的形式  $Q_{\theta_2}$  的对角线方向取若干一维向量  $X'_1, X'_2, \dots, X'_m$  和  $Y'_1, \dots, Y'_{m-1}$ ,

$$\begin{cases} X'_1 = [a_{11} \cdots a_{1k}, a_{2(k+1)} \cdots a_{2(2k)}, \cdots \cdots a_{m[(m-1)k+1]} \cdots a_{m(mk)}] \\ X'_2 = [a_{21} \cdots a_{2k}, a_{3(k+1)} \cdots a_{3(2k)}, \cdots \cdots a_{m[(m-2)k+1]} \cdots a_{m[(m-1)k]}] \\ X'_m = [a_{m1} \cdots a_{mk}] \\ Y'_{m-1} = [a_{1(k+1)} \cdots a_{1(2k)}, a_{2(2k+1)} \cdots a_{2(3k)}, \cdots \cdots a_{(m-1)[(m-1)k+1]} \cdots a_{(m-1)(mk)}] \\ \vdots \\ Y'_1 = [a_{1[(m-1)k+1]} \cdots a_{1(mk)}] \end{cases};$$

对于  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的形式  $Q_{90^\circ}$ , 构建的一维向量  $X''_1, X''_2 \cdots X''_m$  为:

$$\begin{cases} X''_1 = [a_{11} \ a_{12} \ \cdots \ \cdots \ a_{1m}] \\ X''_2 = [a_{21} \ a_{22} \ \cdots \ \cdots \ a_{2m}] \\ \vdots \\ X''_m = [a_{m1} \ a_{m2} \ \cdots \ \cdots \ a_{mm}] \end{cases};$$

③通过将图像矩阵转置和翻转后,采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法,对  $[0^\circ, 45^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量;通过将图像矩阵翻转后,采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法,对  $[90^\circ, 135^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量;通过将图像矩阵转置后,采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法,对  $[135^\circ, 180^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量;完成对  $[0^\circ, 180^\circ]$  所对应的图像矩阵子块的一维向量的构建。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法,其特征在于:所述步骤 2) 中,确定卷积运算结果绝对值  $|f_0(t)*X|$  的局部极大值,其包括以下步骤:

①预设一极大值阈值  $\alpha$ ,  $\alpha = (0, 1)$ ;

②在  $|f_0(t)*X|$  波形中的第一个波峰处,依次比较前后数据的大小,当数据由递增区间转为递减区间时,记录该拐点值  $\text{MAX}|f_0(t)*X|$ ;当波峰递减区间存在一数据小于  $\alpha \text{MAX}|f_0(t)*X|$  时,则该波峰有效且其极大值为  $\text{MAX}|f_0(t)*X|$ ;若该波峰递减区间不存在小于  $\alpha \text{MAX}|f_0(t)*X|$  的值而转入下一个波峰的递增区间,则该波峰无效,继续判断下一个波峰的极大值;

③对非极大值进行抑制。

## 一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像处理方法,特别是关于一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法。

### 背景技术

[0002] 图像带给人类一个形象的思维世界,是人类认识世界的重要途径。存在于图像中的突变和不连续不平稳的结构我们称之为边缘。边缘往往携带着丰富的图像信息。这些边缘点构成了物体轮廓,而这些轮廓常是研究者感兴趣的地方,它集中体现研究目标的特征,对后续的图像分割、图像匹配、目标识别、计算机视觉有极为重要的铺垫作用,所以如何把实际图像中结构不稳定的边缘提炼成结构稳定的边缘成为多年来人们一直深入研究的方向。在几十年的研究中,人们不断引入数学方法对图像边缘进行提取和解释。由最初的基于梯度原理的 Prewitt 算子、Sobel 算子等到 LoG 算子和 Canny 算子,再到小波变换,体现了边缘检测问题的深度与难度。

[0003] 多角度边缘检测方法一般包括基于梯度原理的模板算子方法和二维小波变换模极大值边缘检测方法。基于梯度原理的模板算子方法采用  $N \times N$  的梯度模板对二维图像进行卷积。由于模板一般为正方形,且其尺寸最大为 5 像素 \* 5 像素,所以模板能生成的梯度方向最多为 16 个,即  $0^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $150^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $210^\circ$ 、 $225^\circ$ 、 $240^\circ$ 、 $270^\circ$ 、 $300^\circ$ 、 $315^\circ$  和  $330^\circ$  方向。经典的二维小波变换模极大值边缘检测方法只能在沿  $x$  方向和  $y$  方向求梯度后再根据幅角归类进行非极大值抑制。因此利用现有多角度边缘检测方法对图像边缘进行检测基本依靠旋转图像和旋转坐标的方式实现。然而旋转图像和旋转坐标时都会对图像进行插值运算,造成图像灰度信息的改变,从而在旋转图像和旋转坐标后对图像的边缘进行识别时无法保证图像边缘的准确性,而且在进行边缘识别后还需要根据旋转的角度将边缘图像旋转回原位置,这样又一次造成边缘图像信息的改变。另外,旋转图像和旋转坐标会引起图像尺寸的改变并且产生图像边界问题,这些问题都会增加图像处理难度。

[0004] 边缘检测阈值的选择是依据统计决策达到未能检测到的有效边缘和误把噪声引起的点归为边缘点的一个折衷。现有阈值选择的方法包括人工选择法和自动阈值法。人工选择法最为简单,可以通过人眼观察结果,多次交互操作确定图像边缘。但是图像中人眼感觉不敏感的细节有可能被忽略掉。自动选择阈值法是根据某种决策方法阈值自动进行判断。它适用于大部分应用环境,但是寻找合适的决策策略并评价其有效性存在困难。关于边缘检测算法参数的选取目前还没有统一的标准,基本上是以是否满足应用为标准来确定算法参数。

### 发明内容

[0005] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种能够在不改变图像信息的前提下解决单像素多角度边缘检测问题的基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法,其包括以下步骤:1) 对待处理图像进行直方图分析,得到目标及其背景的灰度值,采用得到的灰度值对给定的 18 种模板图像进行赋值;2) 预设若干组边缘检测参数,采用预设的若干组边缘检测参数分别对赋值后的 18 种模板图像进行边缘检测,并找出与模板图像近似度最高的边缘检测结果,将得到该结果所用的边缘检测参数作为最优参数,其具体包括以下步骤:(1) 利用  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块对模板图像进行分割,将模板图像分割为若干个  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块,其中,  $\theta$  为边缘检测角度,  $\theta \in [45^\circ, 90^\circ)$ ; (2) 在  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块中沿其对角线构建若干一维向量; (3) 将构建的若干一维向量分别与高斯函数的一阶导数  $f_{\sigma}(t)$  作卷积运算,并对卷积运算结果取绝对值; (4) 确定卷积结果绝对值的局部极大值; (5) 对得到的局部极大值赋灰度值,并根据像素下标将生成的边缘图像像素替换原图像中相同位置上的像素; (6) 将不同边缘检测角度方向得到的若干边缘图像进行灰度叠加,根据多次叠加后图像的灰度直方图,将灰度百分比最高的灰度值作为二值化阈值,根据该二值化阈值对多次叠加后图像的边缘进行二值化处理; (7) 采用 Pratt 边缘检测品质因数方法将生成的图像边缘与模板图像中图像边缘进行比较,得到与模板图像边缘近似度最高的一组边缘检测结果,并将得到该边缘检测结果所用的边缘检测参数作为最优参数; 3) 采用步骤 2) 得到的最优参数,重复步骤 2) 中得的步骤 (1) ~ 步骤

[0007] (6),对待处理图像进行边缘检测。

[0008] 所述步骤 2) 中,预设的边缘检测参数包括高斯函数的一阶导数  $f_{\sigma}(t)$  的参数  $\sigma$ 、一维峰值极大值阈值  $\alpha$  和二值化阈值。

[0009] 所述步骤 2) 中,对  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块构建一维向量,其包括:①根据边缘检测角度  $\theta$  的取值范围:  $\theta \in [45^\circ, 90^\circ)$ , 给出  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的三种形式  $Q_{\theta_1}$ 、 $Q_{\theta_2}$  和  $Q_{90^\circ}$ ,  $Q_{\theta_1}$ 、 $Q_{\theta_2}$  和  $Q_{90^\circ}$  分别用像素  $a$  表示为:

[0010]

$$Q_{\theta_1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & & & & & & a_{1[(m-1)(k-1)+1]} & a_{1[(m-1)(k-1)+2]} & \dots & a_{1[m(k-1)+1]} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} & a_{2[(k-1)+1]} & \dots & a_{2[2(k-1)]} & & & a_{2[(m-1)(k-1)+1]} & a_{2[(m-1)(k-1)+2]} & \dots & a_{2[m(k-1)+1]} \\ & & & a_{3k} & \dots & \dots & a_{3[2(k-1)]} & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ & & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mk} & \dots & & & & & a_{m[(m-1)(k-1)+1]} & a_{m[(m-1)(k-1)+2]} & \dots & a_{m[m(k-1)+1]} \end{bmatrix}$$

[0011]  $\theta_1$  为图像子块的形式  $Q_{\theta_1}$  对应的边缘检测角度,

$$\theta_1 = \arctan \frac{(k-1)m+1}{m}, \quad k=2,3,\dots;$$

[0012]

$$Q_{\theta_2} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & a_{1[(k-1)]} & \dots & a_{1[2k]} & \dots & \dots & a_{1[(m-1)k+1]} & \dots & a_{1[ml]} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} & a_{2[(k-1)]} & \dots & a_{2[2k]} & \dots & \dots & a_{2[(m-1)k+1]} & \dots & a_{2[ml]} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & a_{(m-1)[(m-1)k+1]} & \dots & a_{(m-1)[ml]} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mk} & \dots & \dots & \dots & a_{m[(m-1)k+1]} & \dots & a_{m[(m-1)k+1]} & \dots & a_{m[ml]} \end{bmatrix}$$

[0013]  $\theta_2$  为图像子块的形式  $Q_{\theta_2}$  对应的边缘检测角度,  $\theta_2 = \arctan \frac{km}{m}$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots$ ;

[0014]

$$Q_{90^\circ} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1m} \\ & \ddots & & & \vdots \\ & & \ddots & & \vdots \\ & & & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & \cdots & \cdots & a_{mm} \end{bmatrix};$$

[0015] ②对于  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的形式  $Q_{\theta}$ , 按照以下形式

[0016]

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1k} & & & & & & & \\ & & & a_{2k} & a_{2(k+1)} & \cdots & a_{2(2k-1)} & & & \vdots & \vdots \\ & & & & & \ddots & & & & \vdots & \vdots \\ & & & & & & & & & \vdots & \vdots \\ \cdots & \cdots & & & & & & & & \vdots & \vdots \end{bmatrix},$$

[0017] 沿图像子块的形式  $Q_{\theta}$  的对角线方向取若干一维向量  $X_1, X_2, \dots, X_m$  和  $Y_1, \dots, Y_{m-1}$ ,

[0018]

$$\begin{cases} X_1 = [a_{11} \cdots a_{1k}, a_{2k} \cdots a_{2(2k-1)}, \cdots \cdots a_{m[(m-1)(k-1)+1]} \cdots a_{m[(k-1)+1]}] \\ X_2 = [a_{21} \cdots a_{2k}, a_{3k} \cdots a_{3(2k-1)}, \cdots \cdots a_{m[(m-2)(k-1)+1]} \cdots a_{m[(m-1)(k-1)+1]}] \\ \vdots \\ X_m = [a_{m1} \cdots a_{mk}] \\ Y_{m-1} = [a_{1k} \cdots a_{1(2k-1)}, a_{2(2k-1)} \cdots a_{2(3k-2)}, \cdots \cdots a_{(m-1)[(m-1)(k-1)+1]} \cdots a_{(m-1)[m(k-1)+1]}] \\ Y_1 = [a_{1[(m-1)(k-1)+1]} \cdots a_{1[m(k-1)+1]}] \end{cases},$$

[0019] 对于  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的形式  $Q_{\theta_2}$ , 按照以下形式

[0020]

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1k} & & & & & & & \\ & & & & a_{2(k+1)} & \cdots & a_{2(2k)} & & & \vdots & \vdots \\ & & & & & \ddots & & & & \vdots & \vdots \\ & & & & & & & & & \vdots & \vdots \\ \cdots & \cdots & & & & & & & & \vdots & \vdots \end{bmatrix},$$

[0021] 沿图像子块的形式  $Q_{\theta_2}$  的对角线方向取若干一维向量  $X'_1, X'_2, \dots, X'_m$  和  $Y'_1, \dots, Y'_{m-1}$ ,

$$[0022] \begin{cases} X_1' = [a_{11} \cdots a_{1k}, a_{2(k+1)} \cdots a_{2(2k)}, \cdots \cdots a_{m[(m-1)k+1]} \cdots a_{m(mk)}] \\ X_2' = [a_{21} \cdots a_{2k}, a_{3(k+1)} \cdots a_{3(2k)}, \cdots \cdots a_{m[(m-2)k+1]} \cdots a_{m[(m-1)k]}] \\ X_m' = [a_{m1} \cdots a_{mk}] \\ Y_{m-1}' = [a_{1(k+1)} \cdots a_{1(2k)}, a_{2(2k+1)} \cdots a_{2(3k)}, \cdots \cdots a_{(m-1)[(m-1)k+1]} \cdots a_{(m-1)(mk)}] \\ \vdots \\ Y_1' = [a_{1[(m-1)k+1]} \cdots a_{1(mk)}] \end{cases};$$

[0023] 对于  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的形式  $Q_{90^\circ}$ , 构建的一维向量  $X''_1, X''_2 \cdots X''_m$  为:

$$[0024] \begin{cases} X_1'' = [a_{11} \ a_{12} \ \cdots \ \cdots \ a_{1m}] \\ X_2'' = [a_{21} \ a_{22} \ \cdots \ \cdots \ a_{2m}] \\ \vdots \\ X_m'' = [a_{m1} \ a_{m2} \ \cdots \ \cdots \ a_{mm}] \end{cases};$$

[0025] ③通过将图像矩阵转置和翻转后, 采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法, 对  $[0^\circ, 45^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量; 通过将图像矩阵翻转后, 采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法, 对  $[90^\circ, 135^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量; 通过将图像矩阵转置后, 采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法, 对  $[135^\circ, 180^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量; 完成对  $[0^\circ, 180^\circ]$  所对应的图像矩阵子块的一维向量的构建。

[0026] 所述步骤 2) 中, 确定卷积运算结果绝对值  $|f_0(t) * X|$  的局部极大值, 其包括以下步骤: ①预设一极大值阈值  $\alpha$ ,  $\alpha = (0, 1)$ ; ②在  $|f_0(t) * X|$  波形中的第一个波峰处, 依次比较前后数据的大小, 当数据由递增区间转为递减区间时, 记录该拐点值  $\text{MAX}|f_0(t) * X|$ ; 当波峰递减区间存在一数据小于  $\alpha \text{MAX}|f_0(t) * X|$  时, 则该波峰有效且其极大值为  $\text{MAX}|f_0(t) * X|$ ; 若该波峰递减区间不存在小于  $\alpha \text{MAX}|f_0(t) * X|$  的值而转入下一个波峰的递增区间, 则该波峰无效, 继续判断下一个波峰的极大值; ③对非极大值进行抑制。

[0027] 本发明由于采取以上技术方案, 其具有以下优点: 1、本发明由于根据边缘检测角度  $[45^\circ, 90^\circ)$  的正切值, 选择一  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块对模板图像进行分割, 将模板图像分割为若干个  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块, 再沿该图像子块的对角线构建若干一维向量; 以  $45^\circ \sim 90^\circ$  方向边缘检测为基础, 通过将模板图像矩阵进行翻折和 / 或转置后, 实现对  $0^\circ \sim 180^\circ$  所对应的图像矩阵子块的一维向量的构建, 从而缩减了构建一维向量的角度范围; 通过将  $0^\circ \sim 180^\circ$  所对应的图像矩阵子块的一维向量与高斯函数一阶导数进行卷积运算和对卷积结果取绝对值, 使边缘检测方向的角度范围从  $[0^\circ, 180^\circ]$  扩展到  $[0^\circ, 360^\circ]$ , 因此本发明采用的这种一维向量分割图像的方式扩大了边缘检测角度的范围, 可以实现角度区间内所选图像子块的行数  $m$  对应的任意一个角度方向的边缘检测, 从而能够在不改变图像信息的前提下解决单像素多角度边缘检测问题。2、本发明由于将构建



的一维向量分别与高斯函数的一阶导数作卷积运算,并对卷积运算结果取绝对值,通过寻找每一个卷积运算结果绝对值的局部极大值,使二维图像边缘检测问题转变为一维波形峰值检测问题,因此本发明能够降低图像边缘检测难度。3、本发明由于采用预设的边缘检测参数对给定的 18 种模板图像进行边缘检测,通过比较生成的图像边缘与模板中图像边缘,得到最优的边缘检测参数,并利用该最优的边缘检测参数对待处理图像进行边缘检测,因此采用本发明得到的边缘检测结果更准确。基于以上优点,本发明可以广泛应用于图像边缘检测中。

### 附图说明

- [0028] 图 1 是本发明基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法的流程图；
- [0029] 图 2 是给定的 18 种模板图像；其中,图 (a) 是 9 种阶梯边缘的模板图像,图 (b) 是 9 种线边缘的模板图像；
- [0030] 图 3 是利用图像子块对模板图像或待处理图像进行分割的示意图；其中,“……”表示图像字块的边界,“——”表示模板图像或待处理图像的边界, $\theta$  表示边缘检测角度,0 表示 0 像素填充区；
- [0031] 图 4 是作卷积运算、取绝对值以及峰值检测效果示意图；
- [0032] 图 5 是确定卷积运算结果绝对值的局部极大值的示意图；其中,图 (a) 是有效波峰示意图,图 (b) 是无效波峰示意图；
- [0033] 图 6 是 18 种模板图像与其边缘检测结果对照示意图；其中,图 (a) 是阶梯边缘的模板图像与其边缘检测结果对照示意图,图 (b) 是线边缘的模板图像与其边缘检测结果对照示意图。

### 具体实施方式

- [0034] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。
- [0035] 如图 1 所示,本发明基于高斯小波一维峰值识别的多角度边缘检测方法包括以下步骤：
- [0036] 1) 对待处理图像进行直方图分析,得到目标及其背景的灰度值,采用得到的灰度值对给定的 18 种模板图像进行赋值,其具体包括：
- [0037] (1) 任选一幅图像作为待处理图像,并对其进行直方图分析,得到待处理图像中目标及其背景的灰度值。
- [0038] (2) 如图 2 所示,给定 18 种模板图像。
- [0039] (3) 利用步骤 (1) 得到的灰度值分别对步骤 (2) 中 18 种模板图像中的目标及其背景进行赋值。
- [0040] 2) 预设若干组边缘检测参数:高斯函数的一阶导数  $f_{\sigma}(t)$  的参数  $\sigma$ 、一维峰值极大值阈值  $\alpha$  和二值化阈值,采用预设的若干组边缘检测参数分别对赋值后的 18 种模板图像进行边缘检测,并找出与模板图像近似度最高的边缘检测结果,将得到该结果所用的边缘检测参数作为最优参数。
- [0041] 仅以采用一组边缘检测参数对 18 种模板图像进行边缘检测为例,说明寻找最优参数的过程,其具体包括以下步骤：

[0042] (1) 利用图像子块对模板图像进行分割；

[0043] 如图 3 所示, 根据边缘检测角度  $\theta \in [45^\circ, 90^\circ)$  的正切值, 选择  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块并采用该图像子块对模板图像进行分割, 将模板图像分割为若干个  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块。当模板图像不能划分成整数个  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块时, 将模板图像进行扩展, 模板图像的扩展部分用 0 像素灰度进行填补, 使模板图像能够划分成整数个  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块。

[0044] (2) 在  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块中沿该图像子块的对角线构建若干一维向量；

[0045] 由于在各图像子块中构建一维向量的方法相同, 因此仅以其中一  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块为例, 对构建方法进行说明, 其具体包括以下步骤：

[0046] ①根据边缘检测角度  $\theta$  的取值范围： $\theta \in [45^\circ, 90^\circ)$ , 给出  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的三种形式  $Q_{\theta_1}$ 、 $Q_{\theta_2}$  和  $Q_{90^\circ}$ ,  $Q_{\theta_1}$ 、 $Q_{\theta_2}$  和  $Q_{90^\circ}$  分别用像素  $a$  表示为：

[0047]

$$Q_{\theta_1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & & & & & a_{1[(m-1)(k-1)+1]} & a_{1[(m-1)(k-1)+2]} & \dots & a_{1[m(k-1)+1]} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} & a_{2(k+1)} & \dots & a_{2(2k-1)} & & a_{2[(m-2)(k-1)+1]} & a_{2[(m-2)(k-1)+2]} & \dots & a_{2[m(k-1)+1]} \\ & & & a_{3k} & \dots & \dots & a_{3(2k-1)} & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ & & & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mk} & \dots & \dots & \dots & \vdots & a_{m[(m-1)(k-1)+1]} & a_{m[(m-1)(k-1)+2]} & \dots & a_{m[m(k-1)+1]} \end{bmatrix}$$

[0048]  $\theta_1$  为图像子块的形式  $Q_{\theta_1}$  对应的边缘检测角度,

$$\theta_1 = \arctan \frac{(k-1)m+1}{m}, \quad k=2,3,\dots。$$

[0049]

$$Q_{\theta_2} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & a_{1(k+1)} & \dots & a_{1(2k)} & \dots & \dots & a_{1[(m-1)(k+1)} & \dots & a_{1[ms]} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} & a_{2(k+1)} & \dots & a_{2(2k)} & \dots & \dots & a_{2[(m-1)(k+1)} & \dots & a_{2[ms]} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & a_{(m-1)[(m-1)(k+1)} & \dots & a_{(m-1)[ms]} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mk} & \dots & \dots & \dots & a_{m[(m-2)(k+1)} & \dots & a_{m[(m-1)(k+1)} & \dots & a_{m[ms]} \end{bmatrix}$$

[0050]  $\theta_2$  为图像子块的形式  $Q_{\theta_2}$  对应的边缘检测角度,  $\theta_2 = \arctan \frac{km}{m}, \quad k=1,2,3,\dots。$

[0051]

$$Q_{90^\circ} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1m} \\ & a_{21} & \ddots & & \vdots \\ & & \ddots & & \vdots \\ & & & \ddots & \vdots \\ & & & & a_{mm} \end{bmatrix}。$$

[0052]  $Q_{\theta_1}$  和  $Q_{\theta_2}$  两种图像子块的形式对应的边缘检测角度构成一闭区间  $[ \theta_1, \theta_2 ]$ 。其角度范围为：

[0053]

$$\left[45^\circ, \arctan \frac{2m}{m}\right] \cup \left[\arctan \frac{2m+1}{m}, \arctan \frac{3m}{m}\right] \cup \dots \cup \left[\arctan \frac{(k-1)m+1}{m}, \arctan \frac{km}{m}\right] \quad (1)$$

[0054] 式中, m > 1。

[0055] ②对于 m 行 × mtan θ 列的图像子块的形式 Q<sub>θ</sub>, 按照以下形式

[0056]

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & & & & & & & \\ & & & a_{2k} & a_{2(k+1)} & \dots & a_{2(2k-1)} & & & & \\ & & & & & & \ddots & & \vdots & \vdots & \\ & & & & & & & & \vdots & \vdots & \\ \dots & \dots & & & & & & & \vdots & \vdots & \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0057] 沿图像子块的形式 Q<sub>θ</sub> 的对角线方向取若干一维向量 X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub> … X<sub>m</sub> 和 Y<sub>1</sub> … Y<sub>m-1</sub>,

[0058]

$$\begin{cases} X_1 = [a_{11} \dots a_{1k}, a_{2k} \dots a_{2(2k-1)}, \dots \dots a_{m[(m-1)(k-1)+1]} \dots a_{m[m(k-1)+1]}] \\ X_2 = [a_{21} \dots a_{2k}, a_{3k} \dots a_{3(2k-1)}, \dots \dots a_{m[(m-2)(k-1)+1]} \dots a_{m[(m-1)(k-1)+1]}] \\ \vdots \\ X_m = [a_{m1} \dots a_{mk}] \\ Y_{m-1} = [a_{1k} \dots a_{1(2k-1)}, a_{2(2k-1)} \dots a_{2(3k-2)}, \dots \dots a_{(m-1)[(m-1)(k-1)+1]} \dots a_{(m-1)[m(k-1)+1]}] \\ Y_1 = [a_{1[(m-1)(k-1)+1]} \dots a_{1[m(k-1)+1]}] \end{cases}$$

[0059] 对于 m 行 × mtan θ 列的图像子块的形式 Q<sub>θ'</sub>, 按照以下形式

[0060]

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} & & & & & & & \\ & & & & & & a_{2(k+1)} & \dots & a_{2(2k)} & & \\ & & & & & & & & \ddots & & \vdots & \vdots \\ & & & & & & & & \ddots & & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & & & & & & & \vdots & \vdots & & \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0061] 沿图像子块的形式 Q<sub>θ'</sub> 的对角线方向取若干一维向量 X'<sub>1</sub>、X'<sub>2</sub> … X'<sub>m</sub> 和 Y'<sub>1</sub> … Y'<sub>m-1</sub>,

$$[0062] \quad \begin{cases} X'_1 = [a_{11} \cdots a_{1k}, a_{2(k+1)} \cdots a_{2(2k)}, \cdots \cdots a_{m[(m-1)k+1]} \cdots a_{m(mk)}] \\ X'_2 = [a_{21} \cdots a_{2k}, a_{3(k+1)} \cdots a_{3(2k)}, \cdots \cdots a_{m[(m-2)k+1]} \cdots a_{m[(m-1)k]}] \\ X'_m = [a_{m1} \cdots a_{mk}] \\ Y'_{m-1} = [a_{1(k+1)} \cdots a_{1(2k)}, a_{2(2k+1)} \cdots a_{2(3k)}, \cdots \cdots a_{(m-1)[(m-1)k+1]} \cdots a_{(m-1)(mk)}] \\ \vdots \\ Y'_1 = [a_{1[(m-1)k+1]} \cdots a_{1(mk)}] \end{cases} \circ$$

[0063] 对于  $m$  行  $\times m \tan \theta$  列的图像子块的形式  $Q_{90^\circ}$ , 构建的一维向量  $X''_1, X''_2 \cdots X''_m$  为:

$$[0064] \quad \begin{cases} X''_1 = [a_{11} \quad a_{12} \quad \cdots \quad a_{1m}] \\ X''_2 = [a_{21} \quad a_{22} \quad \cdots \quad a_{2m}] \\ \vdots \\ X''_m = [a_{m1} \quad a_{m2} \quad \cdots \quad a_{mm}] \end{cases} \circ$$

[0065] ③通过将图像矩阵转置和翻转后, 采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法, 对  $[0^\circ, 45^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量。通过将图像矩阵翻转后, 采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法, 对  $[90^\circ, 135^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量。通过将图像矩阵转置后, 采用与  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量相同的方法, 对  $[135^\circ, 180^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量。基于以上方法, 根据对  $[45^\circ, 90^\circ]$  所对应的图像矩阵子块构建一维向量的方法, 实现对  $[0^\circ, 180^\circ]$  所对应的图像矩阵子块的一维向量的构建, 从而能够缩减构建一维向量的角度范围。

[0066] (3) 如图 4 所示, 将构建的若干一维向量  $X_1, X_2 \cdots X_m$  和  $Y_1 \cdots Y_{m-1}$  分别与高斯函数的一阶导数  $f_0(t)$  作卷积运算, 并对卷积运算结果取绝对值得到:

$$[0067] \quad |f_0(t) * X_1|, |f_0(t) * X_2|, \cdots |f_0(t) * X_m| \text{ 和 } |f_0(t) * Y_1|, \cdots |f_0(t) * Y_{m-1}| \quad (4)$$

从而使卷积运算结果中出现的负值均转变为正值。

[0068] 通过对构建的若干一维向量作卷积和取绝对值的运算, 使边缘检测角度从  $[0^\circ, 180^\circ]$  扩展到  $[0^\circ, 360^\circ]$ 。因此只需对  $[0^\circ, 180^\circ]$  所对应的图像矩阵子块的一维向量进行处理。

[0069] (4) 通过寻找每一个卷积运算结果的绝对值  $|f_0(t) * X|$  和  $|f_0(t) * Y|$  的局部极大值, 使二维图像边缘检测问题转变为一维波形峰值检测问题。其中,  $X = X_1, X_2, \cdots, X_m, Y = Y_1, Y_2, \cdots, Y_{m-1}$ 。

[0070] 如图 5 所示, 采用以下方法确定卷积运算结果的绝对值  $|f_0(t) * X|$  的局部极大值, 其具体包括以下步骤:

[0071] ①预设一极大值阈值  $\alpha$ ,  $\alpha = (0, 1)$ 。

[0072] ②在  $|f_0(t) * X|$  波形中的第一个波峰处, 依次比较前后数据的大小, 当数据由递增区间转为递减区间时, 记录该拐点值  $\text{MAX}|f_0(t) * X|$ ; 当波峰递减区间存在一数据小于  $\alpha \text{MAX}|f_0(t) * X|$  时, 则该波峰有效且其极大值为  $\text{MAX}|f_0(t) * X|$ ; 若该波峰递减区间不存在

小于  $\alpha \text{MAX}|f_o(t)*X|$  的值而转入下一个波峰的递增区间,则该波峰无效,继续判断下一个波峰的极大值。

[0073] ③对非极大值进行抑制。

[0074] (5) 对步骤(4)得到的极大值赋灰度值,其值为:

[0075]

#### 255

#### 若干边缘检测角度方向数'

[0076] 根据像素下标,将生成的边缘图像像素替换原图像中相同位置上的像素。

[0077] (6) 将不同边缘检测角度方向得到的若干边缘图像进行灰度叠加。真实边缘位置会因像素灰度的多次叠加变亮。根据多次叠加后图像的灰度直方图,将灰度百分比最高的灰度值作为二值化阈值,根据该二值化阈值对多次叠加后图像的边缘进行二值化处理,生成如图6所示最终的图像边缘。

[0078] (7) 采用 Pratt 边缘检测品质因数方法将生成的图像边缘与模板图像中图像边缘进行比较,得到与模板图像中的图像边缘近似度最高的一组边缘检测结果,并将得到该边缘检测结果所用的边缘检测参数作为最优参数。

[0079] 3) 采用步骤2)得到的最优参数,重复步骤2)中得的步骤(1)~步骤(6),对待处理图像进行边缘检测。

[0080] 上述各实施例仅用于说明本发明,其中各部件的结构、连接方式和方法步骤等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

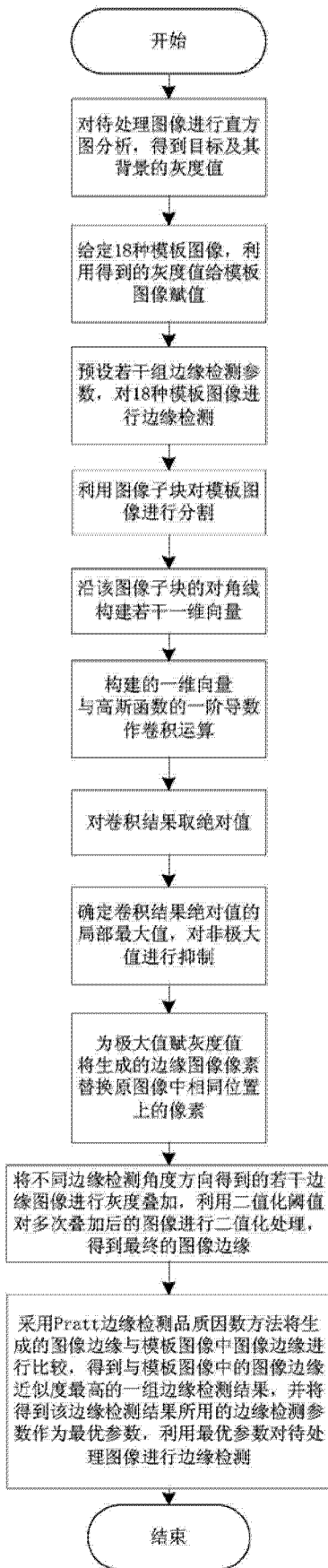
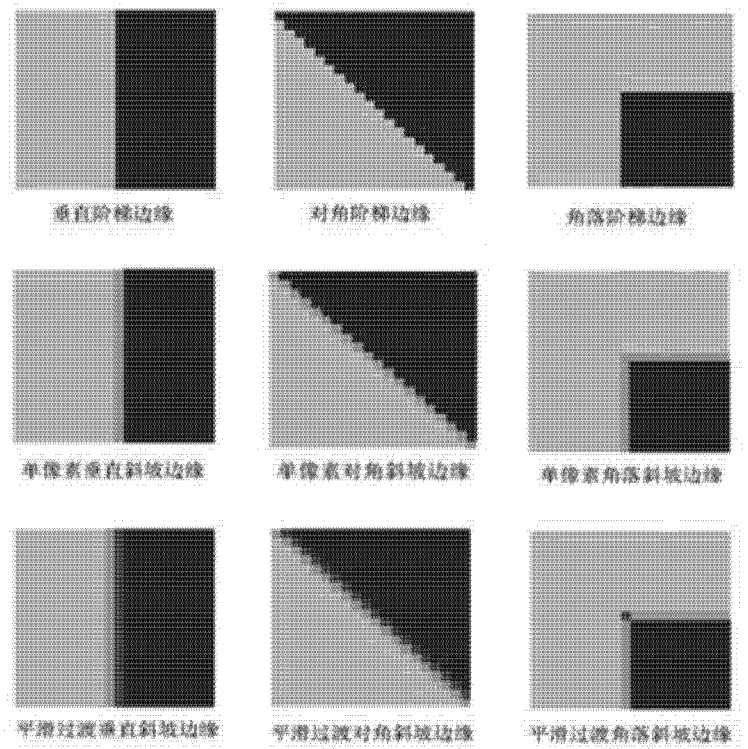
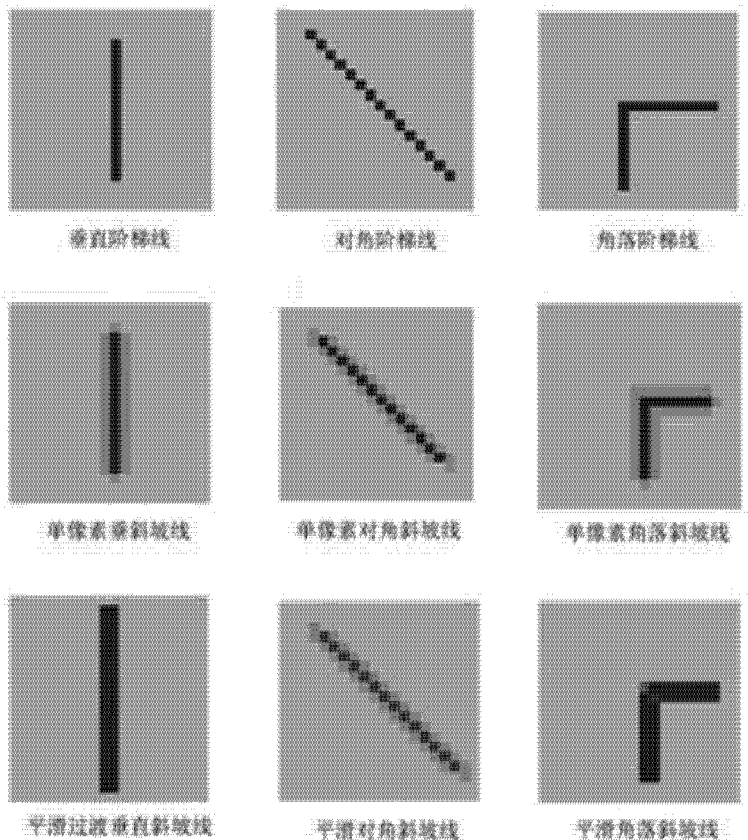


图 1



(a)



(b)

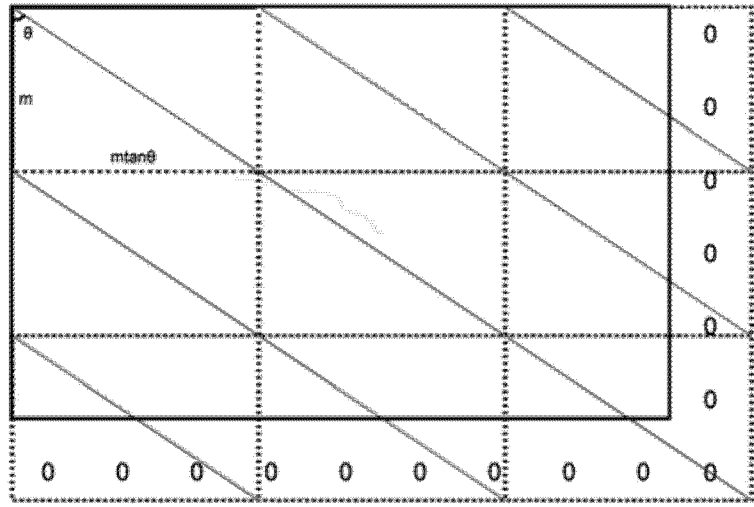


图 3

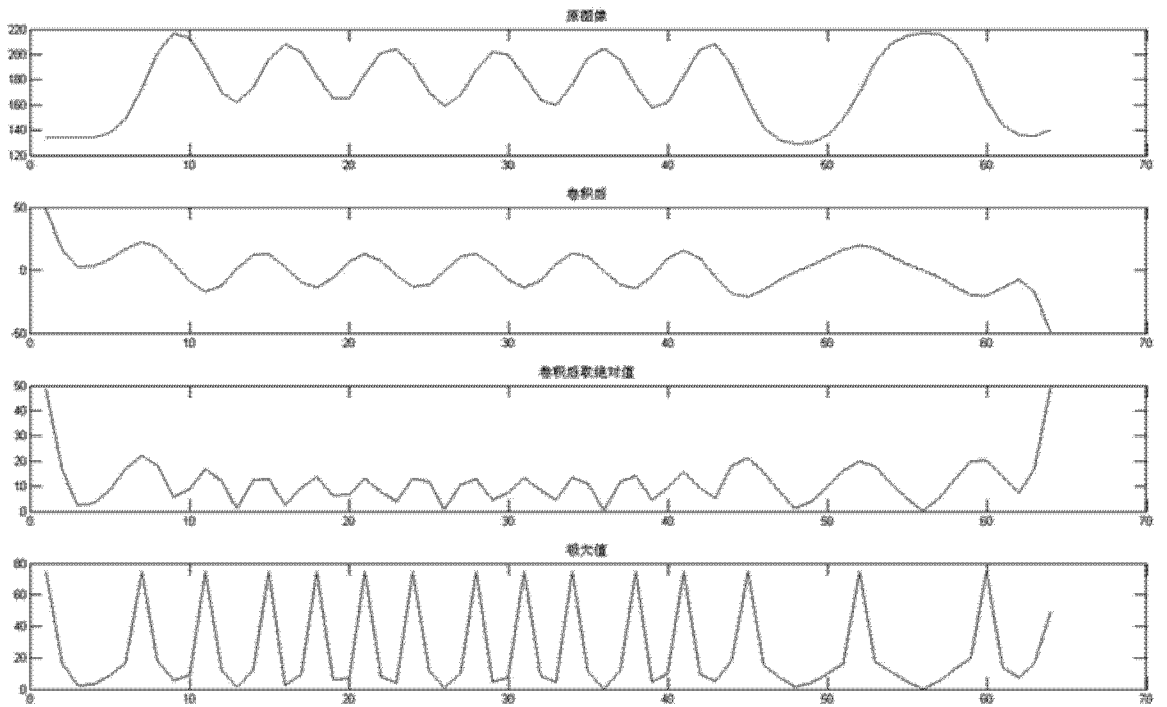


图 4

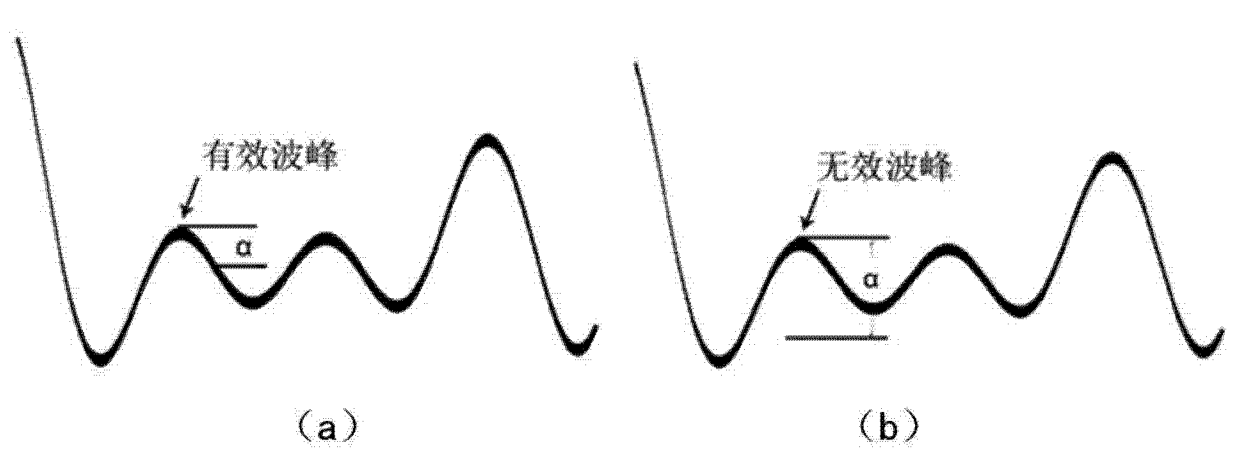
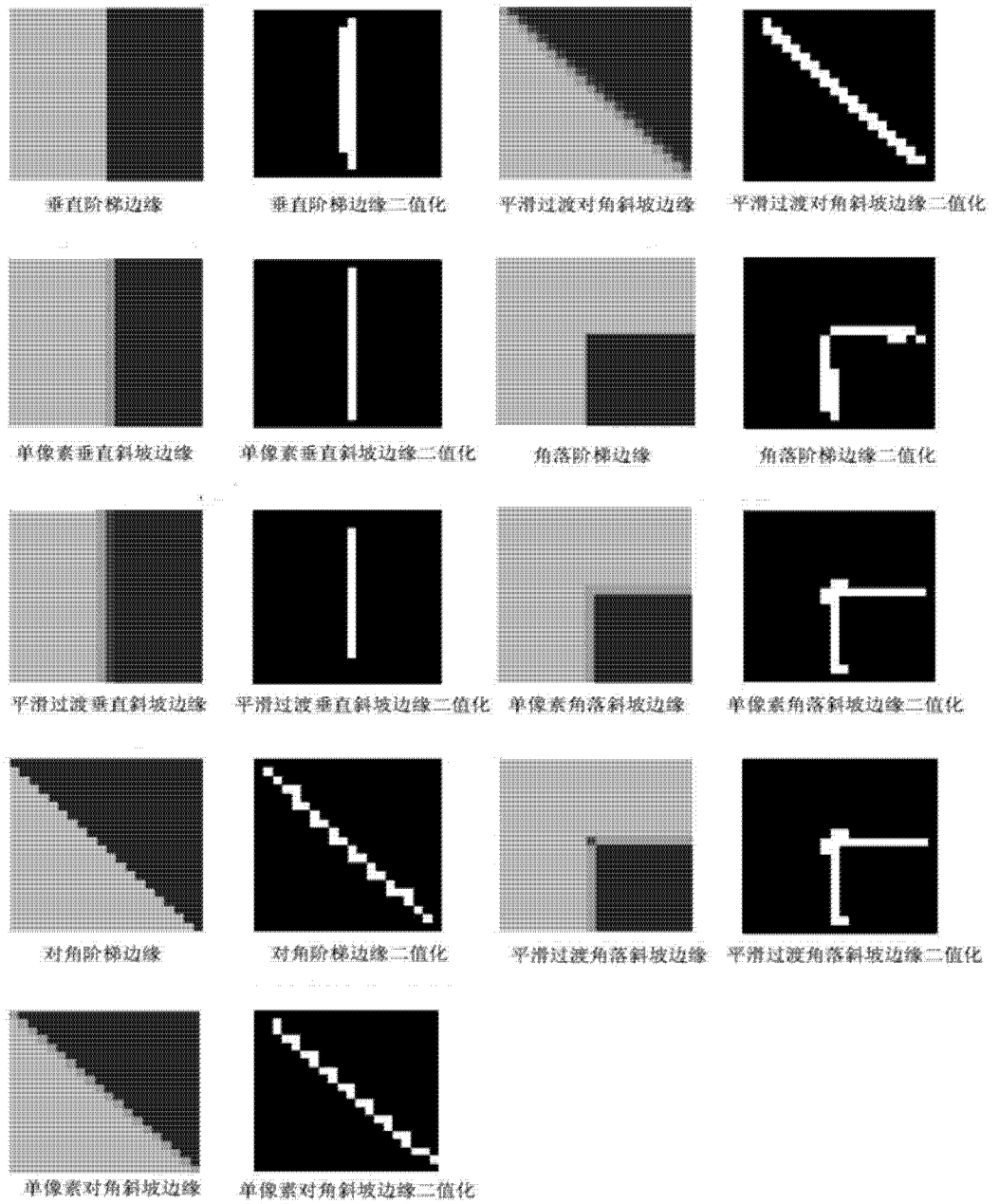


图 5





(a)



(b)

图 6