



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102927973 B

(45) 授权公告日 2015.07.08

(21) 申请号 201210409261.X

审查员 喻天剑

(22) 申请日 2012.10.24

(73) 专利权人 北京控制工程研究所

地址 100190 北京市海淀区 2729 信箱

(72) 发明人 王立 梁潇 吴奋陟 王大轶

黄翔宇

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 安丽

(51) Int. Cl.

G01C 11/04(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101676687 A, 2010.03.24,

US 4688092 A, 1987.08.18,

张美静等. 改进形态学梯度的样条插值亚像素边缘检测方法.《沈阳理工大学学报》.2012, 第31卷(第3期), 19-23.

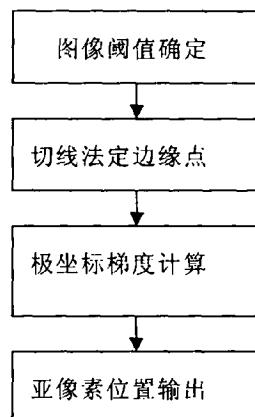
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于深空探测自主导航的目标天体亚像素图像快速边缘定位方法

(57) 摘要

一种用于深空探测自主导航的目标天体亚像素图像快速边缘定位方法, 步骤为: 目标天体图像的边缘提取; 对提取得到的目标成像区间计算中心位置, 得到目标天体边缘点极坐标; 根据极坐标进行梯度计算; 根据梯度计算结果得到最优亚像素位置计算输出。本发明解决了深空探测目标天体中心位置快速、高精度测量问题。



1. 一种用于深空探测自主导航的目标天体亚像素图像快速边缘定位方法, 其特征在于实现步骤为:

(1) 目标天体图像的边缘提取, 使用阈值法进行目标天体图像分割得到目标成像区间( $x_1 \sim x_2, y_1 \sim y_2$ ),  $x$  代表横坐标、 $y$  代表纵坐标, 从  $x_1$  开始, 按照  $d$  间隔进行横向切线, 一直到  $x_2$ ; 纵向切线从  $y_1$  开始, 按照  $d$  间隔进行纵向切线; 横向、纵向切线与目标的交点为边缘点, 每一个切线对应 2 个边缘点, 边缘点记为  $f(x, y)$ ,  $f$  代表输入的图像阵列灰度;

(2) 对步骤(1)得到的目标成像区间计算中心位置:

$$x_0 = (x_1+x_2)/2 \quad y_0 = (y_1+y_2)/2$$

对步骤(1)输出的边缘点坐标  $f(x, y)$ , 按照如下公式计算极坐标:

$$\rho = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}, \quad \theta = \text{atg}(y-y_0/x-x_0)$$

得到目标天体边缘点极坐标表示  $f(\rho, \theta)$ ,  $\rho$  代表极径、 $\theta$  代表角度;

(3) 计算  $f(\rho, \theta)$  两侧的点  $f(\rho-1, \theta)$ 、 $f(\rho+1, \theta)$  共 3 点的梯度值, 梯度计算如下:

$$\text{Grad}(\rho, \theta) = f(\rho+\lambda, \theta) + f(\rho+\lambda-1, \theta) + \dots + f(\rho, \theta) - [f(\rho-1, \theta) + f(\rho-2, \theta) + \dots + f(\rho-\lambda, \theta)]$$

其中  $\text{Grad}$  代表梯度,  $\lambda$  代表梯度计算长度, 其中  $f(\rho, \theta)$  与  $f(x, y)$  对应的位置坐标如下计算:

$$x = \rho \cdot \cos(\theta), \quad y = \rho \cdot \sin(\theta)$$

得到  $x, y$  坐标值, 若出现小数则按照四舍五入原则进行取整;

(4) 最优亚像素位置计算输出, 按照以下公式输出

$$\rho_{\text{new}} = \rho - \frac{\text{Grad}(\rho+1, \theta) - \text{Grad}(\rho-1, \theta)}{2(\text{Grad}(\rho+1, \theta) + \text{Grad}(\rho-1, \theta) - 2\text{Grad}(\rho, \theta))}$$

得到亚像素边缘点位置坐标如下:

$$x_{\text{new}} = \rho_{\text{new}} \cdot \cos(\theta) \quad y_{\text{new}} = \rho_{\text{new}} \cdot \sin(\theta)。$$

2. 根据权利要求 1 所述的一种用于深空探测自主导航的目标天体图像切线法边缘点确定方法, 其特征在于: 所述步骤(1)中间隔  $d$  为  $1 \sim 5$  像元。

3. 根据权利要求 1 所述的一种用于深空探测自主导航的目标天体图像切线法边缘点确定方法, 其特征在于: 所述步骤(3)中的  $\lambda$  的取值为  $2 \sim 5$ 。

# 一种用于深空探测自主导航的目标天体亚像素图像快速边缘定位方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于深空探测自主导航的目标天体亚像素图像快速边缘定位方法，属于空间光学成像敏感器。

## 背景技术

[0002] 在深空探测中需要对火星等其他天体目标进行拍照并确定目标天体中心位置。继承紫外月球敏感器的图像处理算法，利用目标天体图像边缘点的拟合来实现精确的中心定位，因此边缘点的定位精确性将直接影响到目标天体中心位置的确定精度。因此，深空探测敏感器提升精度的方式之一就是提高边缘点的定位精度。文献 1, 刘力双, 张铫, 卢慧卿, 图像的快速亚像素边缘检测方法, 光电子激光, 2005(8), 使用 Sobel 算子进行边缘粗定位然后使用最小二乘拟合算法确定亚像素位置, 但未能考虑到梯度方向导致精度不足; 文献 2 艾泽潭, 石庚辰, 代俊, 微零件图像亚像素边缘定位算法, 北京理工大学学报, 2011(3), 二值化后使用插值方法确定亚像素边缘位置, 该方法适用于二值图而不是空间灰度图; 文献 3, 屈玉福, 浦昭邦, 王亚爱, 视觉检测系统中亚像素边缘检测技术的对比研究, 仪器仪表学报 2003(z1), 综述了插值法、空间矩、最小二乘的亚像素定位方法, 上述方法计算量偏大。

[0003] 已有文献均无法解决空间天体目标高速高精度的亚像素边缘定位问题。

## 发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是：克服现有技术的不足之处，提供一种用于深空探测自主导航的目标天体亚像素图像快速边缘定位方法，解决了深空探测目标天体中心矢量快速、高精度测量问题。

[0005] 本发明技术解决方案：一种用于深空探测自主导航的目标天体亚像素图像快速边缘定位方法，实现步骤为：

[0006] 一种用于深空探测自主导航的目标天体亚像素图像快速边缘定位方法，其特征在于实现步骤为：

[0007] (1) 目标天体图像的边缘提取，使用阈值法进行目标天体图像分割得到目标成像区间  $(x_1 \sim x_2, y_1 \sim y_2)$ ,  $x$  代表横坐标、 $y$  代表纵坐标, 从  $x_1$  开始进行横向切线, 第一条切线为  $x_1$ , 第二条切线为  $x_1+d$  一直到  $x_2$ ; 纵向切线从  $y_1$  开始, 按照  $d$  间隔进行纵向切线; 横向、纵向切线与目标的交点为边缘点, 每一个切线对应 2 个边缘点, 边缘点记为  $f(x, y)$ ,  $f$  代表输入的图像阵列灰度;

[0008] (2) 对步骤 (1) 得到的目标成像区间计算中心位置：

$$x_0 = (x_1+x_2)/2 \quad y_0 = (y_1+y_2)/2$$

[0009] 对步骤 (1) 输出的边缘点坐标  $f(x, y)$ , 按照如下公式计算极坐标：

$$\rho = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad \theta = \text{atg}(y - y_0 / x - x_0)$$

[0010] 得到目标天体边缘点极坐标表示  $f(\rho, \theta)$ ,  $\rho$  代表极径、 $\theta$  代表角度；

[0013] (3) 计算  $f(\rho, \theta)$  两侧的点  $f(\rho-1, \theta), f(\rho+1, \theta)$  共 3 点的梯度值, 梯度计算如下:

$$[0014] \text{Grad}(\rho, \theta) = f(\rho + \lambda, \theta) + f(\rho + \lambda - 1, \theta) + \dots + f(\rho, \theta) - [f(\rho-1, \theta) + f(\rho-2, \theta) + \dots + f(\rho-\lambda, \theta)]$$

[0015] 其中 Grad 代表梯度,  $\lambda$  代表梯度计算长度, 其中  $f(\rho, \theta)$  与  $f(x, y)$  对应的位置坐标如下计算:

$$[0016] x = \rho \cdot \cos(\theta) \quad y = \rho \cdot \sin(\theta)$$

[0017] 得到 x, y 坐标值, 若出现小数则按照四舍五入原则进行取整;

[0018] (4) 最优亚像素位置计算输出, 按照以下公式输出

$$[0019] \rho_{\text{new}} = \rho - \frac{\text{Grad}(\rho+1, \theta) - \text{Grad}(\rho-1, \theta)}{2(\text{Grad}(\rho+1, \theta) + \text{Grad}(\rho-1, \theta) - 2\text{Grad}(\rho, \theta))} \text{ 得到亚像素边缘点位}$$

置坐标如下:

$$[0020] x_{\text{new}} = \rho_{\text{new}} \cdot \cos(\theta) \quad y_{\text{new}} = \rho_{\text{new}} \cdot \sin(\theta)。$$

[0021] 所述步骤(1)中间隔 d 为 1 ~ 5 像元。

[0022] 所述步骤(3)中的  $\lambda$  的取值为 2 ~ 5。

[0023] 本发明与现有技术相比的优点为:本发明解决了行星际探测中目标天体边缘的快速高精度定位问题, 高刷新率(优于 0.5Hz)、高精度(优于 0.05°)导航天体敏感器的研制具有重要工程使用价值。

## 附图说明

[0024] 图 1 为切线法获得边缘示意图;

[0025] 图 2 为本发明实现流程图。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图及实施例对本发明进一步详细说明。

[0027] 如图 1 所示, 图像阈值分割后的边缘点提取示意(横向、纵向每一条切线与目标交点为边缘点, 每一条切线对应 2 个边缘点, d 为切线的间隔)

[0028] 如图 2 所示, 本发明具体实施步骤如下:

[0029] (1) 目标天体图像的边缘提取, 使用阈值法进行目标天体图像分割得到目标成像区间  $(x_1 \sim x_2, y_1 \sim y_2)$ , 从  $x_1$  开始进行横向切线, 第一条切线为  $x_1$ , 第二条切线为  $x_1+d$  一直到  $x_2$ ; 纵向切线从  $y_1$  开始, 按照 d 间隔进行纵向切线, 间隔 d 一般选择 1 ~ 5 像元; 横向、纵向切线与目标的交点为边缘点, 每一个切线对应 2 个边缘点, 边缘点坐标记为  $f(x, y)$ ;

[0030] (2) 对步骤(1)得到的成像区间计算中心位置:

$$[0031] x_0 = (x_1+x_2)/2 \quad y_0 = (y_1+y_2)/2$$

[0032] 对步骤(1)输出的边缘点坐标  $f(x, y)$ , 按照如下公式计算极坐标:

$$[0033] \rho = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2} \quad \theta = \text{atg}(y-y_0/x-x_0)$$

[0034] 得到边缘点极坐标表示  $f(\rho, \theta)$ ;

[0035] (3) 计算  $f(\rho, \theta)$  两侧的点  $f(\rho-1, \theta), f(\rho+1, \theta)$  共 3 点的梯度值, 梯度计算

办法如下：

[0036]  $\text{Grad}(\rho, \theta) = f(\rho + \lambda, \theta) + f(\rho + \lambda - 1, \theta) + \dots + f(\rho, \theta) - [f(\rho - 1, \theta) + f(\rho - 2, \theta) + \dots + f(\rho - \lambda, \theta)]$

[0037] 其中  $\lambda$  的取值一般为 2 ~ 5。其中  $f(\rho, \theta)$  与  $f(x, y)$  对应的位置坐标如下计算：

[0038]  $x = \rho \cdot \cos(\theta) y = \rho \cdot \sin(\theta)$

[0039] 得到 x, y 坐标值, 若出现小数则按照四舍五入原则进行取整。

[0040] (4) 最优亚像素位置计算输出, 按照以下公式输出

[0041]  $\rho_{\text{new}} = \rho - \frac{\text{Grad}(\rho + 1, \theta) - \text{Grad}(\rho - 1, \theta)}{2(\text{Grad}(\rho + 1, \theta) + \text{Grad}(\rho - 1, \theta) - 2\text{Grad}(\rho, \theta))}.$

[0042] 亚像素边缘点位置坐标如下：

[0043]  $x_{\text{new}} = \rho_{\text{new}} \cdot \cos(\theta) \quad y_{\text{new}} = \rho_{\text{new}} \cdot \sin(\theta)$

[0044] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

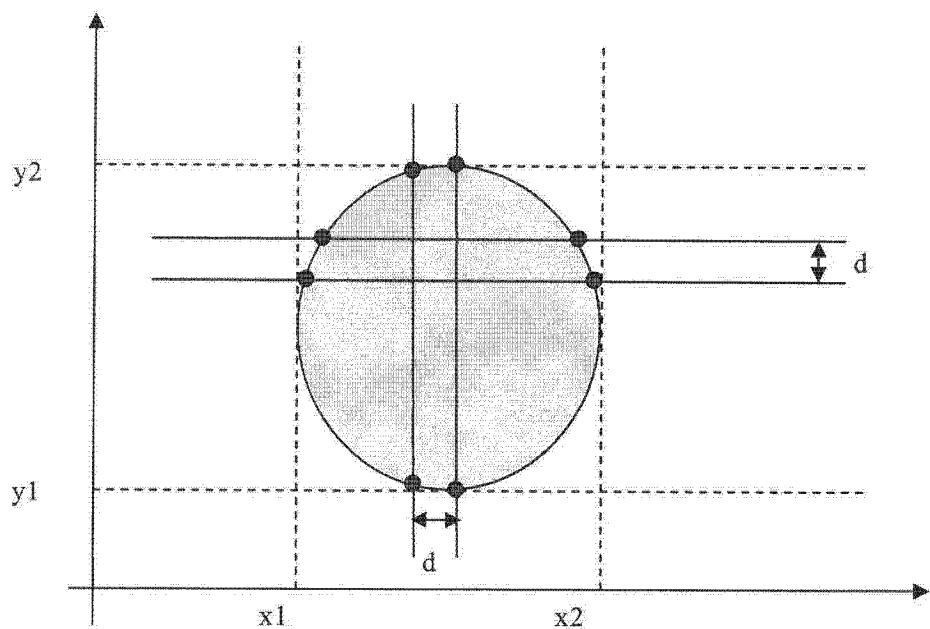


图 1

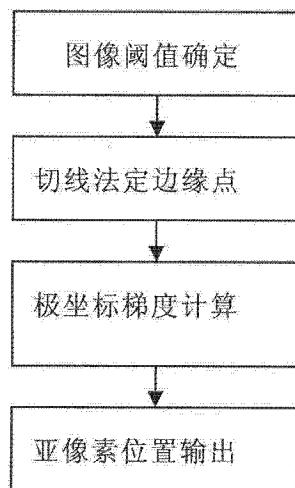


图 2