



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109325935 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 22

(21) 申请号 201810817621.7
 (22) 申请日 2018.07.24
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 109325935 A
 (43) 申请公布日 2019.02.12
 (73) 专利权人 国网浙江省电力有限公司杭州供电公司
 地址 310004 浙江省杭州市上城区建国中路219号
 专利权人 国家电网有限公司
 国网浙江杭州市余杭区供电公司
 (72) 发明人 郑伟彦 王坚俊 章玮 楼华辉 朱杰 倪前程 王井南
 (74) 专利代理机构 杭州华鼎知识产权代理事务所(普通合伙) 33217
 代理人 项军

(51) Int.Cl.
 G06T 7/00 (2017.01)
 G06T 5/00 (2006.01)
 G06T 5/30 (2006.01)
 G06T 7/13 (2017.01)
 G06T 7/136 (2017.01)
 G06T 7/194 (2017.01)

(56) 对比文件
 CN 106056619 A, 2016.10.26
 CN 106570863 A, 2017.04.19
 CN 102393961 A, 2012.03.28
 CN 103810462 A, 2014.05.21
 CN 104573650 A, 2015.04.29
 张鹏展 等. 基于OpenCV的高压传输线位置检测. 《微型机与应用》. 2015, 第34卷(第11期),
 审查员 袁玉

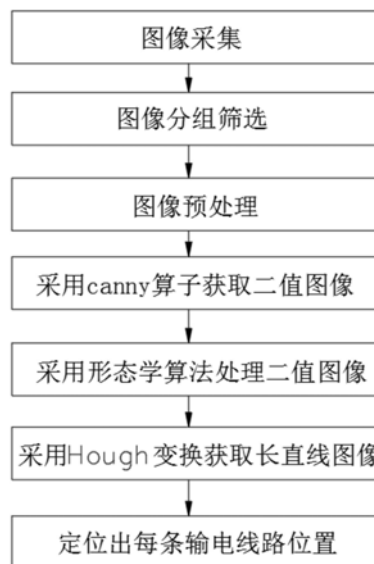
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于无人机图像的输电线路检测方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于无人机图像的输电线路检测方法, 包括以下步骤: 采集输电线路图像; 对输电线路图像进行分组筛选; 对图像进行预处理; 获取二值图像; 采用形态学算法对获取的二值图像进行处理, 实现输电线路边缘断点的连接以及输电线路图像背景成离散块状分布; 通过累计概率Hough变换, 对处理完成的二值图像进行检测, 以获取长直线图像; 对获取的长直线图像依次进行筛选、分组、拟合, 最终定位出每条输电线路的位置。本发明提供了一种基于无人机图像的, 对图像边缘有较高的检验精度, 能够避免漏检、误检现象的输电线路检测方法。



1. 一种基于无人机图像的输电线路检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1、通过无人机巡检输电线路,由机载摄像头采集输电线路图像;

步骤2、根据无人机拍摄的输电线路图像的背景,对图像进行分组,将具有高度相似背景图像划分为同一组;

步骤3、图像预处理;所述步骤3包括如下步骤:3.1、将彩色输电线路图像转换为灰度图像;3.2、对灰度图像进行高斯模糊,实现在充分保留边界信息的情况下对图像进行去噪;

步骤4、获取本组图像的二值图像;所述步骤4包括如下步骤:步骤4.1、采用Canny算子计算本组的每个图像的梯度,根据梯度计算图像边缘幅值与角度;步骤4.2、根据图像较高的亮度梯度,采用Canny算子,使用滞后阈值,滞后阈值包括高阈值和低阈值,创建滚动条并输入阈值类型和阈值大小,拖动滚动条调节阈值参数,获取每个图像的最佳Canny阈值;步骤4.3、对获取的各个样本的Canny阈值进行方差最小化拟合,得到拟合阈值;步骤4.4、使用该拟合阈值对本组图像进行Canny边缘检测,获取二值图像;

步骤5、采用形态学算法对获取的二值图像进行处理,实现输电线路边缘断点的连接以及输电线路图像背景成离散块状分布;所述步骤5包括如下步骤:步骤5.1、对二值图像进行膨胀运算,实现输电线路边缘断点的连接;步骤5.2、对二值图像进行腐蚀运算,达到背景成离散块状分布目的;

步骤6、通过累计概率Hough变换,对处理完成的二值图像进行检测,以获取长直线图像;

步骤7、对获取的长直线图像依次进行筛选、分组、拟合,最终定位出每条输电线路的位置;所述步骤7包括如下步骤:步骤7.1、遍历所有检测到的长直线的斜率,若有少量直线的斜率与大部分直线的斜率偏差很大,则将斜率偏差很大的少量直线去除;步骤7.2、遍历剩余直线的截距,将截距近似的直线划分为一组,共得到n组;步骤7.3、每一组都计算组内所有直线斜率的均值和截距的均值,n组共可得到n条直线,即为检测到的n条输电线。

2. 根据权利要求1所述的一种基于无人机图像的输电线路检测方法,其特征在于,所述步骤3.1和步骤3.2之间还包括:利用无人机经纬度、高度以及三个偏航角信息对输电线路图像进行几何校准。

3. 根据权利要求1或2所述的一种基于无人机图像的输电线路检测方法,所述步骤2和步骤3之间还包括:对同一组的输电线路图像进行选取,将输电线路图像由RGB色彩空间转换到HSI色度饱和度亮度空间,提取HSI色度饱和度亮度空间的H分量图像和S分量图像,并分别按H分量图像和S分量图像对输电线路图像进行排列,选取H分量图像和S分量图像接近的输电线路图像作为后续处理的图像。

一种基于无人机图像的输电线路检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电网检测技术领域,尤其涉及一种基于无人机图像的输电线路检测方法。

背景技术

[0002] 我国的国土幅员辽阔,地形也相对复杂,丘陵较多、平原较少,加上气象条件的复杂多变,给输电线路巡检带来了诸多困难。而且传统的人工巡检耗费大量的人力物力。在智能电网的建设推进中,输电线路的巡检智能化迫在眉睫。随着无人机技术、数字图像处理技术的发展,提出了无人机巡检输电线路的思路。

[0003] 基于无人机图像的输电线路检测,是无人机巡检输电线路的一个重要研究子课题,也是后续分析输电线路是否出现故障的前提。图像分割是处理无人机拍摄的输电线路图像中非常重要的一个部分,图像分割的正确性和自适应性在一定程度上影响着输电线路检测和识别的智能化程度。常采用阈值法进行图像分割:利用图像中所要提取的目标与背景在灰度特性上的差异,通过选取合适的灰度阈值来对图像进行分割,从而将目标从背景上区分出来。最具代表性的阈值法有Otsu法、最小错误法、最大熵法等。这些方法大多数集中在单阈值分割上,但是由于输电线路图像背景的复杂性,在灰度直方图中可能出现漏峰、多峰情况,导致输电线路与背景分离存在大量的漏检、误检现象。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种基于无人机图像的,对图像边缘有较高的检验精度,能够避免漏检、误检现象的输电线路检测方法。

[0005] 为了达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种基于无人机图像的输电线路检测方法,包括以下步骤:

[0007] 步骤1、通过无人机巡检输电线路,由机载摄像头采集输电线路图像;

[0008] 步骤2、根据无人机拍摄的输电线路图像的背景,对图像进行分组,将具有高度相似背景的图像划分为同一组;

[0009] 步骤3、图像预处理;

[0010] 所述步骤3包括如下步骤:

[0011] 3.1、将彩色输电线路图像转换为灰度图像;

[0012] 3.2、对灰度图像进行高斯模糊,实现在充分保留边界信息的情况下对图像进行去噪;

[0013] 高斯模糊能够把某一点周围的像素色值按高斯曲线统计起来,采用数学上加权平均的计算方法得到这条曲线的色值,最后留下输电线路的轮廓。

[0014] 步骤4、获取本组图像的二值图像;

[0015] 所述步骤4包括如下步骤:

[0016] 步骤4.1、采用Canny算子计算本组的每个图像的梯度,根据梯度计算图像边缘幅

值与角度；

[0017] 步骤4.2、根据图像较高的亮度梯度，采用Canny算子，使用滞后阈值，滞后阈值包括高阈值和低阈值，创建滚动条并输入阈值类型和阈值大小，拖动滚动条调节阈值参数，获取每个图像的最佳Canny阈值；

[0018] 较高的亮度梯度比较有可能是边缘，但是没有一个是确切的值来限定多大的亮度梯度是边缘多大，所以Canny使用滞后阈值。滞后阈值需要两个阈值——高阈值与低阈值。假设图像中的重要边缘都是连续的曲线，这样就可以跟踪给定曲线中模糊的部分，并且避免将没有组成曲线的噪声像素当成边缘。所以从一个较大的阈值开始，这将标识出比较确信的真正边缘，使用前面导出的方向信息，从这些真正的边缘开始在图像中跟踪整个的边缘。在跟踪的时候，使用一个较小的阈值，这样就可以跟踪曲线的模糊部分直到回到起点。

[0019] 步骤4.3、对获取的各个样本的Canny阈值进行方差最小化拟合，得到拟合阈值；

[0020] 用 m_i 表示第 i 个样本， th_i 表示第 i 个样本的最佳阈值， th 表示拟合的估计值，则每个样本的阈值到该估计值的距离平方和 $d^2 = \sum_{i=1}^m (th - th_i)^2$ 。上式对 th 求导并令其为0，

得到： $\frac{\partial d^2}{\partial th} = 2 \sum_{i=1}^m (th - th_i) = 0$ ，求解上式方程得到 th 的解，即为本组图像Canny拟合阈值。

得到：

[0021] 步骤4.4、使用该拟合阈值对本组图像进行Canny边缘检测，获取二值图像；

[0022] 步骤5、采用形态学算法对获取的二值图像进行处理，实现输电线路边缘断点的连接以及输电线路图像背景成离散块状分布；

[0023] 形态学算法是一种非线性的滤波方法，用于分析几何形状和结构，是建立在集合代数基础上，用集合论定量描述几何结构的科学。

[0024] 所述步骤5包括如下步骤：

[0025] 步骤5.1、对二值图像进行膨胀运算，实现输电线路边缘断点的连接；

[0026] 步骤5.2、对二值图像进行腐蚀运算，达到背景成离散块状分布目的；

[0027] 膨胀运算的作用是将输电线路周围的背景点合并到输电线路中来，实现输电线路边缘断点的连接。如果两个物体之间有细小的连接，腐蚀运算可以消除边界点，达到背景成离散块状分布目的。

[0028] 步骤6、通过累计概率Hough变换，对处理完成的二值图像进行检测，以获取长直线图像；

[0029] Hough变换是一种直线描述方法，将笛卡尔坐标空间的直线变换为极坐标空间中的点，并将极坐标空间分为累加器单元。在笛卡尔坐标空间中，图像中的直线可以表示为标准式： $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ ，式中： ρ 为直线距原点的法线距离； θ 为该法线与 x 轴的夹角。直线经过Hough变换后在极坐标空间中表示为一个点 (ρ, θ) ，极坐标空间中的每一条正弦曲线表示通过特定点 (x, y) 的一簇直线。将 ρ 和 θ 分成许多小段，每一个 ρ 段和每一个 θ 段构成一个小单元 $(\Delta \rho, \Delta \theta)$ ，对应每个小单元设置一个累加器，当笛卡尔坐标内所有像素的坐标 (x, y) 完成变换后，累计落在各个小单元中次数较多的单元可认为是笛卡尔坐标空间中直线所在。

[0030] 灰度图像的梯度方向导数实际上表示的是灰度值在梯度方向上的变化速率，距离

场的脊线正是距离场的梯度发生突变的地方,输电线路与背景相交的边界即灰度值的梯度发生突变的位置。用W表示图像的宽,H表示图像的高,图像的梯度阈值为

$$\sqrt{2} \sqrt{\left(\frac{W}{4}\right)^2 + \left(\frac{H}{4}\right)^2}, \text{即可检测到输电线路的边缘。}$$

[0031] 步骤7、对获取的长直线图像依次进行筛选、分组、拟合,最终定位出每条输电线路的位置;

[0032] 所述步骤7包括如下步骤:

[0033] 步骤7.1、遍历所有检测到的长直线的斜率,若有少量直线的斜率与大部分直线的斜率偏差很大,则将斜率偏差很大的少量直线去除;

[0034] 步骤7.2、遍历剩余直线的截距,将截距近似的直线划分为一组,共得到n组;

[0035] 步骤7.3、每一组都计算组内所有直线斜率的均值和截距的均值,n组共可得到n条直线,即为检测到的n条输电线。

[0036] 进一步的,所述步骤3.1和步骤3.2之间还包括:利用无人机经纬度、高度以及三个偏航角信息对输电线路图像进行几何校准。

[0037] 进一步的,所述步骤2和步骤3之间还包括:对同一组的输电线路图像进行选取,将输电线路图像由RGB色彩空间转换到HSI色度饱和度亮度空间,提取HSI色度饱和度亮度空间的H分量图像和S分量图像,并分别按H分量图像和S分量图像对输电线路图像进行排列,选取H分量图像和S分量图像接近的输电线路图像作为后续处理的图像。

[0038] 采用上述技术方案后,本发明具有如下优点:

[0039] 1、本发明的一种基于无人机图像的输电线路检测方法,采用canny算子对输电线路图像进行图像分割,canny算子使用滞后阈值,能够尽可能多地标识出图像中的实际边缘、标识出的边缘尽可能与实际图像中的实际边缘尽可能接近,大大提高了图像中输电线路与背景的分割效果;采用形态学算法对获取的二值图像进行处理,实现输电线路边缘断点的连接以及输电线路图像背景成离散块状分布;通过累计概率Hough变换获取长直线图像,由于其根据局部度量来计算全面描述参数,因而对于区域边界被噪声干扰或被其他目标遮盖而引起边界发生某些间断的情况,具有很好的容错性和鲁棒性。本发明保证了输电线路的检测精度,能够有效防止漏检或错检的现象,保证了输电线路的安全、可靠运行。

[0040] 2、由于无人机经纬度、高度以及偏航角的偏差,需要对输电线路图像进行几何校准,以提高输电线路巡检图像的检测精度。

[0041] 3、结合H分量和S分量对图像进行筛选,以剔除色彩偏差大的输电线路图像。

附图说明

[0042] 下面结合附图对本发明作进一步说明:

[0043] 图1为本发明的一种基于无人机图像的输电线路检测方法的流程图。

具体实施方式

[0044] 以下结合附图及具体实施例,对本发明作进一步的详细说明。

[0045] 本发明提供一种基于无人机图像的输电线路检测方法,其流程图如图1所示,包括

以下步骤：

[0046] 1、通过无人机巡检输电线路，由机载摄像头采集输电线路图像。

[0047] 2、分组筛选输电线路图像：

[0048] 2.1、根据无人机拍摄的输电线路图像的背景，对图像进行分组，将具有高度相似背景的图像划分为同一组。

[0049] 2.2、对同一组的输电线路图像进行选取，将输电线路图像由RGB色彩空间转换到HSI色度饱和度亮度空间，提取HSI色度饱和度亮度空间的H分量图像和S分量图像，并分别按H分量图像和S分量图像对输电线路图像进行排列，选取H分量图像和S分量图像接近的输电线路图像作为后续处理的图像。结合H分量和S分量对图像进行筛选，剔除了色彩偏差大的输电线路图像。

[0050] 3、图像预处理：

[0051] 3.1、将彩色输电线路图像转换为灰度图像；

[0052] 3.2利用无人机经纬度、高度以及三个偏航角信息对输电线路图像进行几何校准；

[0053] 3.3、对灰度图像进行高斯模糊，实现在充分保留边界信息的情况下对图像进行去噪。

[0054] 4、二值图像获取：

[0055] 4.1、采用Canny算子计算每个图像的梯度，根据梯度计算图像边缘幅值与角度；

[0056] 4.2、根据图像较高的亮度梯度，采用Canny算子，使用滞后阈值，滞后阈值包括高阈值和低阈值，创建滚动条并输入阈值类型和阈值大小，拖动滚动条调节阈值参数，获取每个图像的最佳Canny阈值；

[0057] 较高的亮度梯度比较有可能是边缘，但是没有一个确切的值来限定多大的亮度梯度是边缘多大，所以Canny使用滞后阈值。滞后阈值需要两个阈值——高阈值与低阈值。假设图像中的重要边缘都是连续的曲线，这样就可以跟踪给定曲线中模糊的部分，并且避免将没有组成曲线的噪声像素当成边缘。所以从一个较大的阈值开始，这将标识出比较确信的真正边缘，使用前面导出的方向信息，从这些真正的边缘开始在图像中跟踪整个的边缘。在跟踪的时候，使用一个较小的阈值，这样就可以跟踪曲线的模糊部分直到回到起点。

[0058] 4.3、对获取的各个样本的Canny阈值进行方差最小化拟合，得到拟合阈值；

[0059] 用 m_i 表示第 i 个样本， th_i 表示第 i 个样本的最佳阈值，用 th 表示拟合的估计值。

[0060] 对获取的样本阈值进行方差最小化拟合，每个样本的阈值到该估计值的距离平方和 d^2 ：

$$[0061] \quad d^2 = \sum_{i=1}^m (th - th_i)^2$$

[0062] 上式对 th 求导并令其为0，得到：

$$[0063] \quad \frac{\partial d^2}{\partial th} = 2 \sum_{i=1}^M (th - th_i) = 0$$

[0064] 求解上式方程得到 th 的解，即为本组图像Canny边缘检测时采用的拟合阈值。

[0065] 4.4、使用该拟合阈值对本组图像进行Canny边缘检测，获取二值图像。

[0066] 5、采用形态学算法对值图像进行处理：

[0067] 5.1、对二值图像进行膨胀运算,实现输电线边缘断点的连接;

[0068] 5.2、对二值图像进行腐蚀运算,达到背景成离散块状分布目的。

[0069] 形态学算法是一种非线性的滤波方法,用于分析几何形状和结构,是建立在集合代数基础上,用集合论定量描述几何结构的科学。膨胀运算的作用是将输电线路周围的背景点合并到输电线路中来,实现输电线边缘断点的连接。如果两个物体之间有细小的连接,腐蚀运算可以消除边界点,达到背景成离散块状分布目的。

[0070] 6、采用累计概率Hough变换获取长直线图像:

[0071] Hough变换是一种直线描述方法,将笛卡尔坐标空间的直线变换为极坐标空间中的点,并将极坐标空间分为累加器单元。在笛卡尔坐标空间中,图像中的直线可以表示为标准式: $\rho = x\cos\theta + y\sin\theta$,式中: ρ 为直线距原点的法线距离; θ 为该法线与x轴的夹角。直线经过Hough变换后在极坐标空间中表示为一个点 (ρ, θ) ,极坐标空间中的每一条正弦曲线表示通过特定点 (x, y) 的一簇直线。将 ρ 和 θ 分成许多小段,每一个 ρ 段和每一个 θ 段构成一个小单元 $(\Delta\rho, \Delta\theta)$,对应每个小单元设置一个累加器,当笛卡尔坐标内所有像素的坐标 (x, y) 完成变换后,累计落在各个小单元中次数较多的单元可认为是笛卡尔坐标空间中直线所在。

[0072] 灰度图像的梯度方向导数实际上表示的是灰度值在梯度方向上的变化速率,距离场的脊线正是距离场的梯度发生突变的地方,输电线路与背景相交的边界即灰度值的梯度发生突变的位置。用W表示图像的宽,H表示图像的高,图像的梯度阈值为

$$\sqrt{2} \sqrt{\left(\frac{W}{4}\right)^2 + \left(\frac{H}{4}\right)^2}, \text{ 即可检测到输电线路的边缘。}$$

[0073] 7、对获取的长直线图像依次进行筛选、分组、拟合,最终定位出每条输电线路的位置:

[0074] 7.1、遍历所有检测到的长直线的斜率,若有少量直线的斜率与大部分直线的斜率偏差很大,则将斜率偏差很小的少量直线去除;

[0075] 7.2、遍历剩余直线的截距,将截距近似的直线划分为一组,共得到n组;

[0076] 7.3、每一组都计算组内所有直线斜率的均值和截距的均值,n组共可得到n条直线,即为检测到的n条输电线。

[0077] 除上述优选实施例外,本发明还有其他的实施方式,本领域技术人员可以根据本发明作出各种改变和变形,只要不脱离本发明的精神,均应属于本发明所附权利要求所定义的范围。

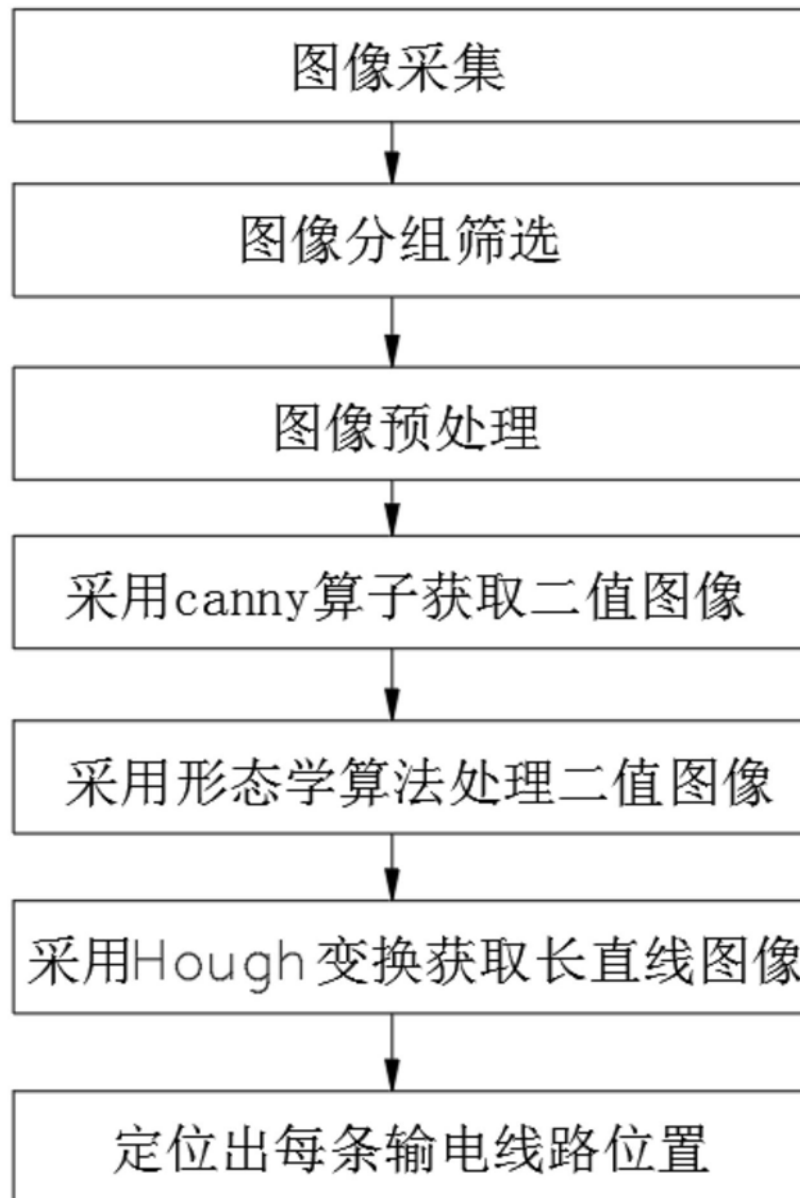


图1