



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111582187 A

(43)申请公布日 2020.08.25

(21)申请号 202010393108.7

G06T 5/20(2006.01)

(22)申请日 2020.05.11

(71)申请人 昆明能讯科技有限责任公司

地址 650000 云南省昆明市经济开发区云  
大西路104号云电科技园二期昆明能  
讯科技有限责任公司

(72)发明人 罗艺 袁齐坤 王学良 晏凯  
尤志鹏

(74)专利代理机构 昆明今威专利商标代理有限  
公司 53115

代理人 乔涛

(51)Int.Cl.

G06K 9/00(2006.01)

G06T 7/277(2017.01)

G06T 5/00(2006.01)

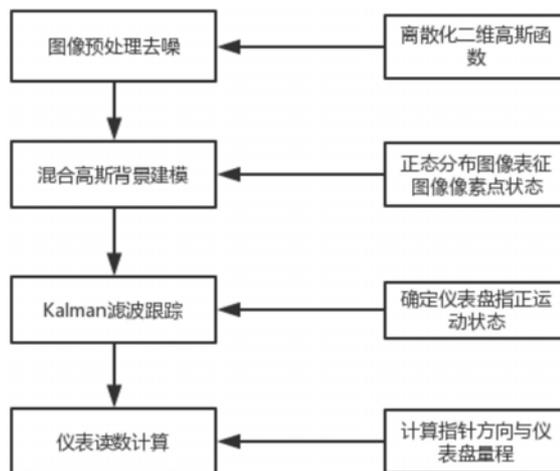
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种基于混合高斯背景建模的仪表自动读  
数方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于混合高斯背景建模  
的仪表自动读数方法,在电网系统的运行过程  
中需要记录各种仪表的数据,在对这些数据进  
行分析的基础上得到保证整个电网系统安全  
稳定运行的调度依据。本发明采用摄像头获  
取仪表盘的视数据并对数据进行预处理;使  
用混合高斯背景建模对仪表盘进行背景建模  
再通过背景差分技术提取出仪表的指针区域;  
使用kalman滤波器对候选的指针区域进行跟  
踪过滤调错误的指针目标;根据指针在仪表  
盘中的位置计算出仪表当前的读数。本发明  
可以实现对电网设备的指针式仪表进行自动  
读数,可同时实现对多个表盘进行读数,运  
行效率可以达到实时性的要求,有效的减少  
了仪表盘巡查对人工的依赖,大大的提高仪  
表盘巡查过程的效率和准确率。



1. 一种基于混合高斯背景建模的仪表自动读数方法,其特征在于包括以下步骤:

- 1) 图像预处理去噪;
- 2) 混合高斯背景建模;
- 3) Kalman滤波跟踪;
- 4) 仪表读数计算;

所述的1) 图像预处理去噪包括:

利用谐波均值滤波处理可以有效的降低噪声。具体地,采用的高斯模板滤波如下所示:

$$\varphi(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right);$$

通过离散化二维高斯函数,产生一个二维的卷积模板,通常使用3\*3的尺寸大小。3\*3的高斯模板如下所示:

$$w = \frac{1}{16} * \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix};$$

所述的2) 混合高斯背景建模包括:

正态分布记为:

$$X \sim N(\mu, \sigma^2);$$

概率密度函数记为:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}};$$

正态分布对图像中每一个像素点进行建模:

$$\eta(x; \theta_k) = \eta(x; \mu_k, \sum_k) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} \left| \sum_k \right|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_k) \sum_k^{-1} (x-\mu_k)}$$

式中 $w_j$ 是分布的均值, $\eta(x; \theta_j)$ 是第j个分布的协方差矩阵, $x$ 是代表像素点的颜色[R,G,B]三维向量;

所述的3 Kalman滤波跟踪包括:

3.1) 时间更新(预测)方程:

$$\hat{x}_{k+1}^- = A_k \hat{x}_k^-$$

$$P_{k+1|k} = A_k P_k A_k^T + Q_k;$$

3.2) 测量更新方程:

$$K_k = P_k H^T (H P_k H^T + R)^{-1}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H \hat{x}_k^-)$$

$$P_k = (I - K_k H) P_k^-;$$

系统的状态转移方程:

$$\omega^{k+1} = \omega^k$$

$$v^{k+1} = R * \omega^{k+1}$$

其中  $\omega$  是角速度,  $R$  是半径,  $v$  是线速度。

2. 根据权利要求1所述的基于混合高斯背景建模的仪表自动读数方法, 其特征在于:  
所述的4) 仪表读数计算包括:

$$value = value_{\max} * \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_{\max}} ;$$

式中  $value$  是表的当前读数,  $valuemax$  是表的最大量测,  $\omega_0$ 、 $\omega_1$ 、 $\omega_{\max}$  分别代表的是指针的起始位置的角度、当前位置的角度和最大量程对应的角度。

## 一种基于混合高斯背景建模的仪表自动读数方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于混合高斯背景建模的仪表自动读数方法,属于电力调度自动化技术领域。

### 背景技术

[0002] 我国已经进入工业化全面发展的时期,各种不可再生资源逐步耗尽,我们急需发展各种可再生资源;此外,各行各业对电力资源的依赖随着工业化进程的推进在逐渐增大。在我国可再生的电力资源(如水利资源、风力资源、太阳能资源)主要集中分布在中西部地区,而经济发达的区域却集中分布在东部沿海地区,要打破电力资源和经济发展分布不均匀的现像,只能使用大容量远距离输电系统来实现。采用高压、超高压输电系统是实现长距离输送电力能源的主要方式。超高压大容量输电线路大幅度扩建后,维护超高压输电线路的安全稳定运行是我国经济建设高速增长的坚实基础,高质量高频率的巡检运维是保证大规模输电系统的稳定运行的必要条件。人工巡检容易受到地形、人员和天气等因素的影响往往导致巡检效率低下、巡检效果欠佳,实时性较差,人工巡检维护的方式已经无法满足新时代下电力事业发展的需求。电网系统中的各种设备安装有大量的指针式仪表,我们通过这些仪表盘的数据来检测电力设备的运行状态,用来调度和控制电网系统的安全稳定运行。与数字式仪表相比,指针式仪表具有价格低廉、结构简单、可抗电磁干扰、使用寿命长等特点,能够长期适应电网系统中的各种复杂电磁干扰环境。目前电网系统中设备仪表读数主要依靠人工的方式,电网系统中的设备种类繁多,仪表数量庞大,人工读数的劳动强度较大,随着工作时间的推移人工读数的精度和效率会逐步降低。而且在一些带电、高压、高温场所下,人工读数的方式不能进行只能通过智能识别的手段。

### 发明内容

[0003] 一种基于混合高斯背景建模的仪表自动读数方法,包括以下步骤:

[0004] 1、图像预处理去噪;

[0005] 2、混合高斯背景建模;

[0006] 3、Kalman滤波跟踪;

[0007] 4、仪表读数计算。

[0008] 进一步地,本发明包括:

[0009] 1) 图像预处理去噪

[0010] 利用谐波均值滤波处理可以有效的降低噪声。具体地,采用的高斯模板滤波如下所示:

$$[0011] \quad \varphi(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right);$$

[0012] 我们通过离散化二维高斯函数,产生一个二维的卷积模板,通常使用3\*3的尺寸大小。3\*3的高斯模板如下所示:

$$[0013] \quad W = \frac{1}{16} * \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}。$$

[0014] 2) 混合高斯背景建模

[0015] 正态分布 (Normal distribution) 是一个在数学、物理及工程等领域都非常重要的概率分布, 在统计学的许多方面有着重大的影响力。若随机变量  $X$  服从一个数学期望为  $\mu$ 、标准方差为  $\sigma^2$  的高斯分布, 记为:

$$[0016] \quad X \sim N(\mu, \sigma^2);$$

[0017] 则其概率密度函数为:

$$[0018] \quad f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}。$$

[0019] 正态分布的期望值  $\mu$  决定了其位置, 其标准差  $\sigma$  决定了分布的幅度。我们采用 3 到 5 个的正态分布对图像中每一个像素点进行建模, 通过这些高斯分布的加权求和来表征像素点的状态, 这样就能很好刻画图像背景存在多个状态的情况, 如场景中存在周期性的光线变化。其数学描述如下式所示。此处的  $w_j$  是分布的均值,  $\eta(x; \theta_j)$  是第  $j$  个分布的协方差矩阵,  $x$  是代表像素点的颜色  $[R, G, B]$  三维向量。

$$[0020] \quad \eta(x; \theta_k) = \eta(x; \mu_k, \sum_k) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} \left| \sum_k \right|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_k) \sum_k^{-1} (x-\mu_k)}。$$

[0021] 3) Kalman 滤波跟踪

[0022] kalman 滤波算法描述了对估计和误差方差的有效线性测量更新, Kalman 滤波算法可以被划分为两个部分:

[0023] 3.1 时间更新 (预测) 方程, 如下公式所示。

$$[0024] \quad \hat{x}_{k+1}^- = A_k \hat{x}_k^-$$

$$[0025] \quad P_{k+1|k} = A_k P_k A_k^T + Q_k。$$

[0026] 3.2 测量更新方程, 如下公式所示。

$$[0027] \quad K_k = P_k H^T (H P_k H^T + R)^{-1}$$

$$[0028] \quad \hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H \hat{x}_k^-)$$

$$[0029] \quad P_k = (I - K_k H) P_k^-。$$

[0030] 在仪表盘指针的运动是一种匀速圆周运动, 从速度的角度来看是一种变速运动属于非线性系统; 但是从圆周运动的角速度上来看圆周运动是一种匀速运动属于线性系统, 我们可以通过公式来进行描述, 即系统的状态转移方程, 其中  $\omega$  是角速度,  $R$  是半径,  $v$  是线速度。

$$[0031] \quad \omega^{k+1} = \omega^k$$

$$[0032] \quad v^{k+1} = R * \omega^{k+1}。$$

[0033] 4) 仪表读数计算

[0034] 在使用混合高斯背景建模差分检测电力设备仪表盘指针的过程中,由于仪表盘指针所处的环境复杂导致仪表盘的图像背景变化较大,例如光线变化、运动的物体,漂浮物等都会被检测为候选的指针区域。我们使用圆周运动来描述仪表指针的运动状态并使用Kalman滤波器对其进行跟踪得到了每一个候选指针目标的轨迹,在时间序列上如果一个轨迹的当前点与起点重合了那么我们就认为找到了一个真实的指针目标,并使用下式计算仪表的当前读数值,其中value是表的当前读数,value<sub>max</sub>是表的最大量测, $\omega_0$ 、 $\omega_1$ 、 $\omega_{max}$ 分别代表的是指针的起始位置的角度、当前位置的角度和最大量程对应的角度。

$$[0035] \quad value = value_{max} * \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_{max}}。$$

[0036] 本发明的有益效果

[0037] 在本发明专利中我们提出了一种基于混合高斯背景建模的仪表自动读数方法,通过网络摄像头获取仪表盘的实时视频数据,对视频图像进行高斯平滑去除图像中的高斯噪声,采用混合高斯背景建模的方法重建出仪表盘的背景图像,再通过背景差分算法提取到指针区域,再对指针区域进行Kalman滤波跟踪得到指针在表盘上的运动轨迹,通过轨迹的圆周特性确定出真实的指针对象,最后计算出仪表盘的实时读数。本发明的算法可以实现对电网设备的指针式仪表进行自动读数,可同时实现对多个表盘进行读数,运行效率可以达到实时性的要求,有效的减少了仪表盘巡查对人工的依赖,大大的提高仪表盘巡查过程的效率和准确率。

## 附图说明

[0038] 图1是本发明的混合高斯背景建模的仪表自动读数方法的流程图。

## 具体实施方式

[0039] 参见附图1,本发明的一种实施方式为:

[0040] 1) 图像预处理去噪

[0041] 由于图像在产生、传输和记录的过程中,会受到各种噪声的干扰,所以在进一步进行特征提取和目标识别等工作之前,减少噪声是非常重要的一个步骤。航拍过程中,由于环境中的成像设备以及光和电等因素的影响,使得所采集的图像中含有脉冲噪声。同时受到烟、雾、风和云等随机因素的影响,导致成像视点变化复杂,所以采集的图像不可避免的会存在高斯噪声。高斯噪声是一种随机噪声,是指n维分布都服从高斯分布的噪声。因为高斯噪声在空间和频率域都非常好处理,所以它的模型常用在实践中。谐波均值滤波器是通过滤波器邻域内的像素进行平均值处理,降低了图像灰度的尖锐变换。高斯噪声正是由于灰度的尖锐变换引起的,所以利用谐波均值滤波处理可以有效的降低噪声。通过图像预处理技术,图像的对比度和质量都得到很大的提高,研究对象的图像特征可以更加明显,便于故障缺陷识别。高斯模板滤波如下所示:

$$[0042] \quad \varphi(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right);$$

[0043] 我们通过离散化二维高斯函数,产生一个二维的卷积模板,通常使用3\*3的尺寸大小。3\*3的高斯模板如下所示:

$$[0044] \quad W = \frac{1}{16} * \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}。$$

[0045] 2) 混合高斯背景建模

[0046] 视频目标分析的基础是从场景中分离出感兴趣的目标区域,常见的分离方法是运动分割和背景差分。典型的运动分割是在时间序列上假定一个不变的背景图像,通过一个阈值划分出背景图像与当前图像之间的差异部分。在许多应用中这种方法是比较快速和容易实现的,但是当在多目标跟踪或者是目标突然停止时,就会出现很多问题。由于基于帧差的运动检测存在的固有缺陷,人们把研究的方向转向了背景差分,尽管在更新背景的时候会增加算法的时间复杂度。

[0047] 正态分布(Normal distribution)是一个在数学、物理及工程等领域都非常重要的概率分布,在统计学的许多方面有着重大的影响力。若随机变量X服从一个数学期望为 $\mu$ 、标准方差为 $\sigma^2$ 的高斯分布,记为:

$$[0048] \quad X \sim N(\mu, \sigma^2);$$

[0049] 则其概率密度函数为:

$$[0050] \quad f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}。$$

[0051] 正态分布的期望值 $\mu$ 决定了其位置,其标准差 $\sigma$ 决定了分布的幅度。我们采用3到5个的正态分布对图像中每一个像素点进行建模,通过这些高斯分布的加权求和来表征像素点的状态,这样就能很好刻画图像背景存在多个状态的情况,如场景中存在周期性的光线变化。其数学描述如下式所示。此处的 $w_j$ 是分布的均值, $\eta(x; \theta_j)$ 是第j个分布的协方差矩阵, $x$ 是代表像素点的颜色[R,G,B]三维向量。

$$[0052] \quad \eta(x; \theta_k) = \eta(x; \mu_k, \sum_k) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{D}{2}} |\sum_k|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu_k) \sum_k^{-1} (x-\mu_k)}。$$

[0053] 3) Kalman滤波跟踪

[0054] 卡尔曼滤波(Kalman filtering)一种利用线性系统状态方程,通过系统输入输出观测数据,对系统状态进行最优估计的算法。由于观测数据中包括系统中的噪声和干扰的影响,所以最优估计也可看作是滤波过程。数据滤波是去除噪声还原真实数据的一种数据处理技术,Kalman滤波在测量方差已知的情况下能够从一系列存在测量噪声的数据中,估计动态系统的状态。Kalman滤波是对离散数据线性滤波问题的最优解,这个滤波器可以在求解一个容易受到高斯白噪声干扰的线性系统的最优估计中被推导出来。在给定一个离散时间过程时可以使用以下的方程组来确定一个线性系统。kalman滤波算法描述了对估计和误差方差的有效线性测量更新,Kalman滤波算法可以被划分为两个部分:

[0055] 3.1时间更新(预测)方程,如下公式所示。

$$[0056] \quad \hat{x}_{k+1}^- = A_k \hat{x}_k^-$$

$$[0057] \quad P_{k+1|k} = A_k P_k A_k^T + Q_k。$$

[0058] 3.2测量更新方程,如下公式所示。

$$[0059] \quad K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1}$$

$$[0060] \quad \hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H \hat{x}_k^-)$$

$$[0061] \quad P_k = (I - K_k H) P_k^-。$$

[0062] 在仪表盘指针的运动是一种匀速圆周运动,从速度的角度来看是一种变速运动属于非线性系统;但是从圆周运动的角速度上来看圆周运动是一种匀速运动属于线性系统,我们可以通过公式来进行描述,即系统的状态转移方程,其中 $\omega$ 是角速度,R是半径,v是线速度。

$$[0063] \quad \omega^{k+1} = \omega^k$$

$$[0064] \quad v^{k+1} = R * \omega^{k+1}$$

[0065] 4) 仪表读数计算

[0066] 在使用混合高斯背景建模差分检测电力设备仪表盘指针的过程中,由于仪表盘指针所处的环境复杂导致仪表盘的图像背景变化较大,例如光线变化、运动的物体,漂浮物等都会被检测为候选的指针区域。我们使用圆周运动来描述仪表指针的运动状态并使用Kalman滤波器对其进行跟踪得到了每一个候选指针目标的轨迹,在时间序列上如果一个轨迹的当前点与起点重合了那么我们就认为找到了一个真实的指针目标,并使用下式计算仪表的当前读数值,其中value是表的当前读数,value<sub>max</sub>是表的最大量测, $\omega_0$ 、 $\omega_1$ 、 $\omega_{max}$ 分别代表的是指针的起始位置的角度、当前位置的角度和最大量程对应的角度。

$$[0067] \quad value = value_{max} * \frac{\omega_1 - \omega_0}{\omega_{max}}。$$

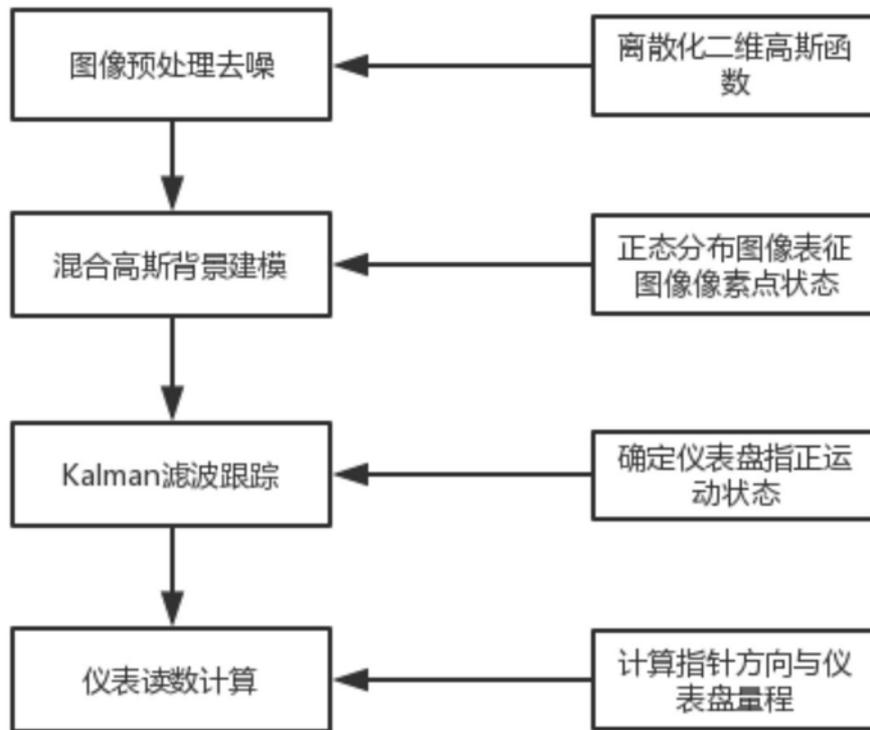


图1