



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103017869 B

(45) 授权公告日 2015.07.29

(21) 申请号 201210500994.4

CN 2549438 Y, 2003.05.07,

(22) 申请日 2012.11.28

CN 202282828 U, 2012.06.20,

(73) 专利权人 华南农业大学

GB 2210454 A, 1989.06.07,

地址 510642 广东省广州市天河区五山路
483 号

WO 2004076972 A1, 2004.09.10,

JP 2001221666 A, 2001.08.17,

审查员 张蔚

(72) 发明人 徐兴 岳学军 洪添胜 蔡坤
王叶夫 刘永鑫 黄双萍

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 裴晖

(51) Int. Cl.

G01F 23/30(2006.01)

(56) 对比文件

CN 201134047 Y, 2008.10.15,

CN 201084643 Y, 2008.07.09,

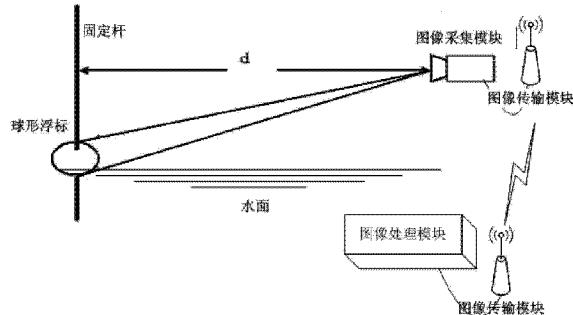
权利要求书3页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于数字图像处理的水位测定系统及方
法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于数字图像处理的水位
测定系统和方法,该系统包括球形浮标、固定杆、
图像采集模块、图像传输模块以及图像处理模块。
该方法是:水位升降引起球形浮标沿着固定杆上
下浮动,定位定向的图像采集模块对水面进行拍
摄,并通过图像传输模块将图像传输给图像处理
装置,图像处理装置获取图像后,先将图像转为
YUV 颜色处理模型,然后进行二值化处理,再采用
二值图像连通区域生长标记法提取出球形浮标对
象,再通过边缘检测将球形浮标对象的边缘提取
出来,再根据提取的图像边缘像素坐标求取球形
浮标球心坐标,进而求得当前水位高度。本发明不
受水温、水质、含沙量等外界干扰因素的影响,适
应性强,系统组成简单,安装方便,易于使用。



1. 一种基于数字图像处理的水位测定方法,该测定方法基于一水位测定系统,该系统包括球形浮标、固定杆、图像采集模块、图像传输模块以及图像处理模块,其中球形浮标中间穿过一根垂直于水面的固定杆,在水面漂浮,图像采集模块放置在固定杆旁边,以平行于水面的固定方式对球形浮标进行拍摄,图像采集模块通过图像传输模块与图像处理模块信号连接,图像处理模块用于接收水位图像信息,并对图像进行处理,计算得到当前的水位高度;

所述水位测定方法包括以下步骤:

- (1) 将图像传输模块传输过来的水位图像 g 由 RGB 格式转为 YUV 格式;
- (2) 对图像进行二值化处理,方法如下:

$$g_b(i, j) = \begin{cases} 255 & T-d \leq g(i, j) \leq T+d \\ 0 & \text{其他} \end{cases},$$

其中, $g(i, j) = Ag_y(i, j) + Bg_u(i, j) + Cg_v(i, j)$, 代表用于二值化判决的图像像素色调, $g_y(i, j)$ 、 $g_u(i, j)$ 、 $g_v(i, j)$ 则代表转为 YUV 格式后得到的每个像素对应的亮度、蓝色差信号、红色差信号分量; T 为选定球形浮标的色调阈值, d 为与阈值之间的差值, A, B, C 三个参数为待定系数,根据实际环境选定;

- (3) 采用二值图像连通区域生长标记法提取出球形浮标对象;
- (4) 通过 Roberts 边缘算子将球形浮标对象的边缘提取出来;
- (5) 设提取的边缘中,最右边缘点和最左边缘点的位置坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) ,则估算的球形浮标球心坐标 (x_0, y_0) 和半径 r_0 大小为:

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$y_0 = y_1 = y_2;$$

$$r_0 = \frac{|x_1 - x_2|}{2}$$

然后对球心坐标进行修正,将球心坐标 (x_0, y_0) 调整为 (x'_0, y'_0) :

$$x'_{-0} = x_0$$

$$y'_0 = y_0 - \left\lfloor \frac{r_0}{4 \cos(\arccos(\frac{r' \arccos(90^\circ - \theta)}{d}) - 90^\circ + \theta) - 4 \cos(90^\circ + \theta - \arccos(\frac{r' \arccos(90^\circ - \theta)}{d}))} \right\rfloor;$$

其中, $\theta = \arctan\left(\frac{(y_0 - \frac{L}{2})r'}{d}\right)$ 为相机对球心的下视角, d 为相机透镜与固定杆之间的水平距离,以毫米为单位, r' 代表以毫米为单位的球形浮标半径长度, L 表示图像采集模块所拍摄图像的高度大小,以像素为单位;

- (6) 计算当前水位高度 h :

$$\mathbf{h} = (\mathbf{L} - \mathbf{y}'_0) \frac{\mathbf{r}'}{r'_0} + \mathbf{h}_0;$$

其中, L 表示图像采集模块所拍摄图像的高度大小,以像素为单位; h_0 为水位高度校准值,以毫米为单位,是在系统试运行时,由现场工作人员人工测量当前水位高度并减去其对应的 $(L - y'_0) r' / r'_0$ 来求得, r' 代表以毫米为单位的球形浮标半径长度。

2. 根据权利要求 1 所述的基于数字图像处理的水位测定方法,其特征在于,所述步骤(1)中,将接收到的水位图像 g 由 RGB 格式转为 YUV 格式的具体步骤是:

$$g_y(i, j) = 0.3g_r(i, j) + 0.59g_g(i, j) + 0.11g_b(i, j)$$

$$g_u(i, j) = 0.493(g_b(i, j) - g_y(i, j));$$

$$g_v(i, j) = 0.877(g_r(i, j) - g_y(i, j))$$

其中, $g_r(i, j)$ 、 $g_g(i, j)$ 、 $g_b(i, j)$ 分别代表接收到的水位图像 g 中每个像素对应的红色、绿色、蓝色分量, $g_y(i, j)$ 、 $g_u(i, j)$ 、 $g_v(i, j)$ 则代表转为 YUV 格式后得到的每个像素对应的亮度、蓝色差信号、红色差信号分量。

3. 根据权利要求 1 所述的基于数字图像处理的水位测定方法,其特征在于,所述步骤(3)采用二值图像连通区域生长标记法提取出球形浮标对象的具体步骤如下:

(3-1) 输入待标记二值化图像 g_b , 初始化一个与输入图像同样尺寸的标记矩阵 g_m , 一个队列 q 以及标记计数 k;

(3-2) 按从左至右、从上至下的顺序扫描二值化图像像素点 $g_b(i, j)$, 当扫描到一个像素点等于 255 时, k 加 1, 并把标记矩阵 g_m 中的相应点 $g_m(i, j)$ 的值赋为 k;

(3-3) 扫描二值化图像中 $g_b(i, j)$ 像素点的八邻域点, 若存在等于 255 的像素, 则在 g_m 中将相应像素点的值赋为 k, 并把该像素点信息 (i, j, k) 放入队列 q 中其中 i, j 代表该像素点坐标, k 代表该像素点标记值;

(3-4) 当队列 q 不为空时, 从队列 q 中取出一个像素点 (i', j', k') , 扫描该像素在二值化图像 $g_b(i', j')$ 中的八邻域点, 若存在等于 255, 且未被标记的像素点, 则在 g_m 中将相应像素点的值赋为 k, 并把该像素点信息存入队列 q 中;

(3-5) 重复 (3-4) 直至 q 为空, 一个连通区标记完成;

(3-6) 转到 (3-2), 直至整幅图像 g_b 被扫描完毕, 得到标记矩阵 g_m 和连通区的个数 K;

(3-7) 在标记矩阵 g_m 中, 从 1 到 K, 依次对每个连通区进行搜索, 计算每个连通区域的面积, 找出其中面积最大的连通区域, 并认定为球形浮标对象, 同时对标记矩阵 g_m 进行重新赋值, 将标记矩阵中面积最大连通区域的所有像素点标记为 255, 除此以外, 任何其他像素点均赋值为 0;

(3-8) 将标记矩阵 g_m 的值赋给二值化图像 g_b 。

4. 根据权利要求 1 所述的基于数字图像处理的水位测定方法,其特征在于,所述步骤

(4) 采用 Roberts 边缘算子进行球形浮标的边缘检测, 具体方法如下:

(4-1) 输入待标记二值化图像 g_b , 初始化一个与输入图像同样尺寸的图像矩阵 g_s ;

(4-2) 扫描二值化图像中 $g_b(i, j)$ 像素点的四邻域点, 并将计算结果存入 g_s :

$$g_s(i, j) = (\sqrt{g_b(i, j)} - \sqrt{g_b(i+1, j+1)})^2 + (\sqrt{g_b(i+1, j)} - \sqrt{g_b(i, j+1)})^2;$$

(4-3) 扫描图像矩阵 g_s , 对 g_s 进行二值化处理:

$$g_s(i, j) = \begin{cases} 255 & g_s(i, j) \geq Ts \\ 0 & \text{其他} \end{cases};$$

其中，Ts 为选定二值化处理阈值，如果像素 $g_s(i, j)$ 大于阈值则赋值为 255，表示为球形浮标的边缘，其他赋值为 0。

一种基于数字图像处理的水位测定系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水位测量测定领域,特别涉及一种基于数字图像处理的水位测定系统及方法。

背景技术

[0002] 我国是水资源匮乏,但又洪涝灾害频繁发生的国家,水情监控问题一直是国家水利和农业部门关注的重点。

[0003] 当前检测水位的方法有很多种,普遍采用的是各种水位计,如浮子式水位计、压力(投入)式水位计、超声波水位计、雷达水位计等,它们均得到了广泛的应用,但这些水位计易受水质、水温、含沙量等外界因素的影响,在使用、安装、日常维护等方面均存在一定的局限性。

[0004] 数字图像处理技术作为自动化、信息化、智能化的一个重要手段,已广泛应用于工业测量及生产过程中,特别是应用于水位监测中,具有信息丰富、直观、非接触式检测等优点,受到人们的广泛关注,并逐渐出现了一些基于图像或视频的水位自动监测系统,但大部分系统主要采用的是对水尺或者水位标杆进行拍照以获取水位信息的方法,受限于水尺以及标杆刻度的限制,以及污渍等外界各种复杂条件的影响,在精度、适用条件和日常维护等方面还存在一定的局限性。发明专利(CN 101718573 B)提出了一种“基于图像视觉的水位测量系统和方法”,但该发明提出的水位测量系统组成、安装部署方式及其水位测量方法均与本发明不同,不存在冲突。

[0005] 公开号为CN102494733的中国发明专利公开了一种基于图像处理的水位监测系统及方法,该系统包括水位标尺、水位图像处理模块、无线通信模块和中心管理服务器模块,方法是先利用水位标尺对水位进行标记,并通过摄像头采集水位标尺标记的水位图像,水位图像处理模块对水位图像中的水位标尺进行自动定位、倾斜校正和识别得到水位数据,然后将水位数据通过无线通信网络发送到无线通信模块,然后上传到中心管理服务器模块。此专利存在的缺点是:图像采集的是水位标尺,因为在使用时,水位标尺与外界环境的颜色差异度不大,因此容易造成后面图像处理的复杂性。同时在其水位监测方法中,因为前期采集图像与环境差异度不大,因此需要进行多次的平滑、形态学腐蚀膨胀等运算,对后续特征提取的准确度造成直接影响,因此存在测量不准确的问题。另外因为水位标尺是放置于待监测水位的区域,容易发生倾斜,所以在图像处理过程中还要对提取图像中的水位标尺进行倾斜校正,随着处理步骤地增加,也势必会对测量准确性造成影响。

[0006] 因此,提供一种测量简便,同时测量精确度高的水位测定系统和方法是一个有极大价值的课题。

发明内容

[0007] 本发明的主要目的在于克服现有技术的缺点与不足,提供一种基于数字图像处理的水位测定系统,该系统是对穿过一根垂直于水面的固定杆的球形浮标进行拍照,根据浮

标球心位置的变化情况,来计算得到当前水位信息。浮标颜色与周围环境颜色有较大区别,因此容易区分,测量准确度高,测量简便,且系统将自动水位监测系统从原来传统的接触式探测转向对球形目标的数字图像测定,扩大了使用和适用范围。本发明的另一个目的在于提供一种基于上述系统的水位测定方法。

[0008] 本发明的目的通过以下的技术方案实现:一种基于数字图像处理的水位测定系统,包括球形浮标、固定杆、图像采集模块、图像传输模块以及图像处理模块,其中球形浮标中间穿过一根垂直于水面的固定杆,在水面漂浮,图像采集模块放置在固定杆旁边,以平行于水面的固定方式对球形浮标进行拍摄,图像采集模块通过图像传输模块与图像处理模块信号连接,图像处理模块用于接收水位图像信息,并对图像进行处理,计算得到当前的水位信息。

[0009] 优选的,所述球形浮标,采用具有鲜明颜色与环境区分明显的球形物体,内部安装有一根直通球心的空心直管,用于插入固定杆。从而在后续图像处理过程中容易将球形浮标和环境区分,简化处理步骤,提高测定的准确性。

[0010] 优选的,所述图像采集模块为采用 CMOS (互补金属氧化物半导体)或者 CCD (电荷耦合器件)传感器的数字摄像头。

[0011] 优选的,所述图像传输模块为无线通信模块,分为无线发射端和无线接收端,无线发射端和图像采集模块连接,无线接收端和图像处理模块连接,无线发射端和无线接收端之间通过 LTE、WIFI、3G 或 GPRS 方式传递数据。

[0012] 一种基于上述水位测定系统的水位测定方法,水位升降引起球形浮标沿着固定杆上下浮动,定位定向的图像采集模块对水面进行拍摄,并通过图像传输模块将图像传输给图像处理装置,图像处理装置获取图像后,先将图像 RGB 格式转为 YUV 颜色处理模型,然后对图像进行二值化处理,再采用二值图像连通区域生长标记法提取出球形浮标对象,再通过边缘检测将球形浮标对象的边缘提取出来,再根据提取的图像边缘像素坐标求取球形浮标球心坐标,接着通过球心坐标与水位高度之间的关系式,最终求得当前水位高度。

[0013] 包括以下步骤:

[0014] (1) 将图像传输模块传输过来的水位图像 g 由 RGB 格式转为 YUV 格式;

[0015] (2) 对图像进行二值化处理,方法如下:

[0016]

$$g_b(i, j) = \begin{cases} 255 & T-d \leq g(i, j) \leq T+d \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

[0017] 其中, $g(i, j) = Ag_y(i, j) + Bg_u(i, j) + Cg_v(i, j)$, 代表用于二值化判决的图像像素色调, $g_y(i, j)$ 、 $g_u(i, j)$ 、 $g_v(i, j)$ 则代表转为 YUV 格式后得到的每个像素对应的亮度、蓝色差信号、红色差信号分量; T 为选定球形浮标的色调阈值, d 为与阈值之间的差值, A, B, C 三个参数为待定系数,根据实际环境选定;

[0018] (3) 采用二值图像连通区域生长标记法提取出球形浮标对象;

[0019] (4) 通过 Roberts 边缘算子将球形浮标对象的边缘提取出来;

[0020] (5) 设提取的边缘中,最右边缘点和最左边缘点的位置坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) ,则估算的球形浮标球心坐标 (x_0, y_0) 和半径 r_0 大小为:

[0021] $\mathbf{x}_0 = \frac{\mathbf{x}_1 + \mathbf{x}_2}{2}$

[0022] $y_0 = y_1 = y_2;$

[0023] $r_0 = \frac{|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|}{2}$

[0024] 然后对球心坐标进行修正, 将球心坐标 (x_0, y_0) 调整为 (x'_0, y'_0) :

[0025] $x'_{\text{球心}} = x_0$

[0026]

$$y'_0 = y_0 - \left| \frac{r_0}{4 \cos(\arccos(\frac{r' \arccos(90^\circ - \theta)}{d}) - 90^\circ + \theta)} - \frac{r_0}{4 \cos(90^\circ + \theta - \arccos(\frac{r' \arccos(90^\circ - \theta)}{d}))} \right|;$$

[0027] 其中, $\theta = \arctan\left(\frac{(y_0 - \frac{L}{2}) \frac{r'}{r_0}}{d}\right)$ 为相机对球心的下视角, d 为相机透镜与固定杆之间的水平距离, r' 代表以毫米为单位的球形浮标半径长度, 以毫米为单位, L 表示图像采集模块所拍摄图像的高度大小, 以像素为单位。

[0028] (6) 当前水位高度 h :

[0029] $h = (L - y'_0) \frac{r'}{r_0} + h_0$;

[0030] 其中, L 表示图像采集模块所拍摄图像的高度大小, 以像素为单位; h_0 为水位高度校准值, 以毫米为单位, 该值可在系统试运行时, 由现场工作人员人工测量当前水位高度并减去其对应的 $(L - y'_0) r' / r_0$ 来求得, r' 代表以毫米为单位的球形浮标半径长度。

[0031] 具体的, 所述步骤(1)中, 将接收到的水位图像 g 由 RGB 格式转为 YUV 格式的具体步骤是 :

[0032] $g_y(i, j) = 0.3g_r(i, j) + 0.59g_g(i, j) + 0.11g_b(i, j)$

[0033] $g_u(i, j) = 0.493(g_b(i, j) - g_y(i, j))$;

[0034] $g_v(i, j) = 0.877(g_r(i, j) - g_y(i, j))$

[0035] 其中, $g_r(i, j)$ 、 $g_g(i, j)$ 、 $g_b(i, j)$ 分别代表接收到的水位图像 g 中每个像素对应的红色、绿色、蓝色分量, $g_y(i, j)$ 、 $g_u(i, j)$ 、 $g_v(i, j)$ 则代表转为 YUV 格式后得到的每个像素对应的亮度、蓝色差信号、红色差信号分量。

[0036] 具体的, 所述步骤(3)采用二值图像连通区域生长标记法提取出球形浮标对象的具体步骤如下 :

[0037] (3-1) 输入待标记二值化图像 g_b , 初始化一个与输入图像同样尺寸的标记矩阵 g_m , 一个队列 q 以及标记计数 k ;

[0038] (3-2) 按从左至右、从上至下的顺序扫描二值化图像像素点 $g_b(i, j)$, 当扫描到一个像素点等于 255 时, k 加 1, 并把标记矩阵 g_m 中的相应点 $g_m(i, j)$ 的值赋为 k ;

[0039] (3-3) 扫描二值化图像中 $g_b(i, j)$ 像素点的八邻域点, 若存在等于 255 的像素, 则在 g_m 中将相应像素点的值赋为 k , 并把该像素点信息 (i, j, k) 放入队列 q 中其中 i, j 代表

该像素点坐标, k 代表该像素点标记值;

[0040] (3-4)当队列 q 不为空时,从队列 q 中取出一个像素点 (i' , j' , k'),扫描该像素在二值化图像 $g_b(i', j')$ 中的八邻域点,若存在等于 255,且未被标记的像素点,则在 g_m 中将相应像素点的值赋为 k,并把该像素点信息存入队列 q 中;

[0041] (3-5)重复(3-4)直至 q 为空,一个连通区标记完成;

[0042] (3-6)转到(3-2),直至整幅图像 g_b 被扫描完毕,得到标记矩阵 g_m 和连通区的个数 K;

[0043] (3-7)在标记矩阵 g_m 中,从 1 到 K,依次对每个连通区进行搜索,计算每个连通区域的面积,找出其中面积最大的连通区域,并认定为球形浮标对象,同时对标记矩阵 g_m 进行重新赋值,将标记矩阵中面积最大连通区域的所有像素点标记为 255,除此以外,任何其他像素点均赋值为 0;

[0044] (3-8)将标记矩阵 g_m 的值赋给二值化图像 g_b 。

[0045] 具体的,所述步骤(4)采用 Roberts 边缘算子进行球形浮标的边缘检测,具体方法如下:

[0046] (4-1)输入待标记二值化图像 g_b ,初始化一个与输入图像同样尺寸的图像矩阵 g_s ;

[0047] (4-2)扫描二值化图像中 $g_b(i, j)$ 像素点的四邻域点,并将计算结果存入 g_s :

$$g_s(i, j) = (\sqrt{g_b(i, j)} - \sqrt{g_b(i+1, j+1)})^2 + (\sqrt{g_b(i+1, j)} - \sqrt{g_b(i, j+1)})^2;$$

[0049] (4-3)扫描图像矩阵 g_s ,对 g_s 进行二值化处理:

[0050]

$$g_s(i, j) = \begin{cases} 255 & g_s(i, j) \geq Ts \\ 0 & \text{其他} \end{cases};$$

[0051] 其中, Ts 为选定二值化处理阈值,如果像素 $g_s(i, j)$ 大于阈值则赋值为 255,表示为球形浮标的边缘,其他赋值为 0。

[0052] 本发明与现有技术相比,具有如下优点和有益效果:

[0053] 1、本发明主要由球形浮标,固定杆、图像采集模块、图像传输模块以及图像处理模块组成,可实现远程实时水位自动化监测,系统组成简单,购买方便,安装简便,运行和维护成本不高。

[0054] 2、本发明采用的是非接触式水位检测方式,通过以浮标为检索目标的图像处理方法测量水位,使此发明不受水温、水质、含沙量等外界干扰因素的影响,具有适用范围广,易于维护操作等优点。

[0055] 3、相较于现有技术,本发明采用与环境颜色区分明显的球形浮标作为识别物体,利用后面的图像提取,能够大大简化图像预处理步骤,提高测定的准确性。

附图说明

[0056] 图 1 是本发明系统的结构原理图;

[0057] 图 2 是本发明的球形浮标在数字摄像头中的投影示意图。

具体实施方式

[0058] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限

于此。

[0059] 实施例 1

[0060] 如图 1 所示,本实施例所述的基于数字图像处理的水位测定系统,包括球形浮标、固定杆、图像采集模块、图像传输模块以及图像处理模块。所述球形浮标,采用具有鲜明颜色与环境区分明显的球形物体,内部安装有一根直通球心的空心直管,用于插入固定杆。图像采集模块具体为采用 CMOS (互补金属氧化物半导体)或者 CCD (电荷耦合器件)传感器的数字摄像头,该数字摄像头放置在固定杆旁边,以平行于水面的固定朝向对球形浮标进行拍摄。所述图像传输模块为无线通信模块,分为无线发射端和无线接收端,无线发射端和图像采集模块连接,无线接收端和图像处理模块连接,无线发射端和无线接收端之间可以通过 LTE、WIFI、3G 或 GPRS 等方式传递数据。数字摄像头通过无线发射端将图像发送到无线接收端,无线接收端接收到图像后将图像传递到图像处理模块,图像处理模块用于接收水位图像信息,并对图像进行处理,计算得到当前的水位信息。球形浮标在相机中的投影如图 2 所示。

[0061] 本实施例中,基于数字图像处理的水位测定方法通过以下技术方案实现:

[0062] 水位升降引起球形浮标沿着固定杆上下浮动,定位定向的图像采集模块对水面进行拍摄,并通过图像传输模块将图像传输给图像处理装置,图像处理装置获取图像后,先将图像 RGB 格式转为 YUV 颜色处理模型,然后对图像进行二值化处理,再采用二值图像连通区域生长标记法提取出球形浮标对象,再通过边缘检测将球形浮标对象的边缘提取出来,再根据提取的图像边缘像素坐标求取球形浮标球心坐标,接着通过球心坐标与水位高度之间的关系式,最终求得当前水位高度。

[0063] 方法具体步骤如下:

[0064] (1) 将接收到的水位图像 g 由 RGB 格式转为 YUV 格式,具体步骤是:

$$g_y(i, j) = 0.3g_r(i, j) + 0.59g_g(i, j) + 0.11g_b(i, j)$$

$$g_u(i, j) = 0.493(g_b(i, j) - g_y(i, j));$$

$$g_v(i, j) = 0.877(g_r(i, j) - g_y(i, j))$$

[0068] 其中, $g_r(i, j)$ 、 $g_g(i, j)$ 、 $g_b(i, j)$ 分别代表接收到的水位图像 g 中每个像素对应的红色、绿色、蓝色分量, $g_y(i, j)$ 、 $g_u(i, j)$ 、 $g_v(i, j)$ 则代表转为 YUV 格式后得到的每个像素对应的亮度、蓝色差信号、红色差信号分量。

[0069] (2) 对图像进行二值化处理,方法如下:

[0070]

$$g_b(i, j) = \begin{cases} 255 & T-d \leq g(i, j) \leq T+d \\ 0 & \text{其他} \end{cases};$$

[0071] 其中, $g(i, j) = Ag_y(i, j) + Bg_u(i, j) + Cg_v(i, j)$, 代表用于二值化判决的图像像素色调, T 为选定球形浮标的色调阈值, d 为与阈值之间的差值 (T 和 d 可根据实际环境选定, 一般条件下, 优选值分别为 225、30), 如果像素 $g(i, j)$ 色调在此范围内则赋值为 255 (白色), 其他赋值为 0 (黑色), 从而得到色调的二值化图像 g_b 。

[0072] $g(i, j)$ 的计算公式中 A , B , C 三个参数为待定系数, 可根据实际环境选定, 一般情况下, 优选值为 0, 1, 0。

[0073] (3) 采用二值图像连通区域生长标记法, 提取出球形浮标对象, 该方法具体如下:

[0074] Step1. 输入待标记二值化图像 g_b , 初始化一个与输入图像同样尺寸的标记矩阵 g_m , 一个队列 q 以及标记计数 k ;

[0075] Step2. 按从左至右、从上至下的顺序扫描二值化图像像素点 $g_b(i, j)$, 当扫描到一个像素点等于 255 时, k 加 1, 并在 g_m 中标记该像素点(即把标记矩阵中的相应点 $g_m(i, j)$ 的值赋为 k);

[0076] Step3. 扫描二值化图像中 $g_b(i, j)$ 像素点的八邻域点(即:对该像素的上、下、左、右、左上、右上、右下、左下,共 8 个相邻像素进行比较)若存在等于 255 的像素,则在 g_m 中进行标记(g_m 中相应像素点的值赋为 k),并把该像素点信息 (i, j, k) 放入队列 q 中(其中 i, j 代表该像素点坐标, k 代表该像素点标记值);

[0077] Step4. 当队列 q 不为空时,从队列 q 中取出一个像素点 (i', j', k') , 扫描该像素在二值化图像 $g_b(i', j')$ 中的八邻域点,若存在等于 255,且未被标记的像素点,则在 g_m 中标记该像素点(即 g_m 中相应像素点的值赋为 k),并把该像素点信息存入队列 q 中;

[0078] Step5. 重复 Step4 直至 q 为空,一个连通区标记完成;

[0079] Step6. 转到 Step2,直至整幅图像 g_b 被扫描完毕,得到标记矩阵 g_m 和连通区的个数 K 。

[0080] Step7. 在标记矩阵 g_m 中,从 1 到 K ,依次对每个连通区进行搜索,计算每个连通区域的面积(在计算连通区 k 的面积时,则计算标记矩阵 g_m 包含多少个被标记为 k 的像素点),找出其中面积最大的连通区域,并认定为球形浮标对象,同时对标记矩阵 g_m 进行重新赋值,将标记矩阵中面积最大连通区域的所有像素点标记为 255,除此以外,任何其他像素点均赋值为 0。

[0081] Step8. 将标记矩阵 g_m 的值赋给二值化图像 g_b 。

[0082] (4)采用 Roberts 边缘算子进行球形浮标的边缘检测,具体方法如下:

[0083] Step1. 输入待标记二值化图像 g_b , 初始化一个与输入图像同样尺寸的图像矩阵 g_s ;

[0084] Step2. 扫描二值化图像中 $g_b(i, j)$ 像素点的四邻域点,并将计算结果存入 g_s :

$$g_s(i, j) = (\sqrt{g_b(i, j)} - \sqrt{g_b(i+1, j+1)})^2 + (\sqrt{g_b(i+1, j)} - \sqrt{g_b(i, j+1)})^2;$$

[0086] Step3. 扫描图像矩阵 g_s ,对 g_s 进行二值化处理:

[0087]

$$g_s(i, j) = \begin{cases} 255 & g_s(i, j) \geq Ts \\ 0 & \text{其他} \end{cases};$$

[0088] Ts 为选定二值化处理阈值(具体阈值可根据实际环境选定,一般条件下,优选值为 512),如果像素 $g_s(i, j)$ 大于阈值则赋值为 255 (白色),表示为球形浮标的边缘,其他赋值为 0 (黑色)。

[0089] (5)计算球心坐标。

[0090] 在图像矩阵 g_s 中,提取最右边缘点和最左边缘点的位置坐标 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) ,利用坐标关系估算出球心坐标和半径大小的值:

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$y_0 = y_1 = y_2;$$

[0093] $r_0 = \frac{|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|}{2}$

[0094] (6) 对球心坐标进行修正, 将球心坐标 (x_0, y_0) 调整为 (x_0', y_0') :

[0095] $x_0' = x_0$

[0096]

$$y_0' = y_0 - \left| \frac{\frac{r_0}{4 \cos(\arccos(\frac{r' \arccos(90^\circ - \theta)}{d}) - 90^\circ + \theta))} - \frac{r_0}{4 \cos(90^\circ + \theta - \arccos(\frac{r' \arccos(90^\circ - \theta)}{d}))}}{d} \right| ;$$

[0097] 其中, $\theta = \arctan\left(\frac{(y_0 - \frac{L}{2}) \frac{r'}{r_0}}{d}\right)$ 为相机对球心的下视角, d 为相机透镜与固定杆之间的水平距离, 以毫米为单位, r' 代表球形浮标的半径长度, 以毫米为单位, L 表示图像采集模块所拍摄图像的高度大小, 以像素为单位。

[0098] (7) 计算当前水位高度 h :

[0099] $h = (L - y_0') \frac{r'}{r_0} + h_0$;

[0100] 其中, L 表示图像采集模块所拍摄图像的高度大小, 以像素为单位, h_0 为水位高度校准值, 以毫米为单位, 用于补偿 $(L - y_0') r' / r_0$ 的计算结果与人工测量水位高度之间的固定差值, 该值可在系统试运行时, 由现场工作人员人工测量当前水位高度并减去其对应的 $(L - y_0') r' / r_0$ 来求得, r' 代表球形浮标的半径长度, 以毫米为单位。

[0101] 上述实施例为本发明较佳的实施方式, 但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制, 其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化, 均应为等效的置换方式, 都包含在本发明的保护范围之内。

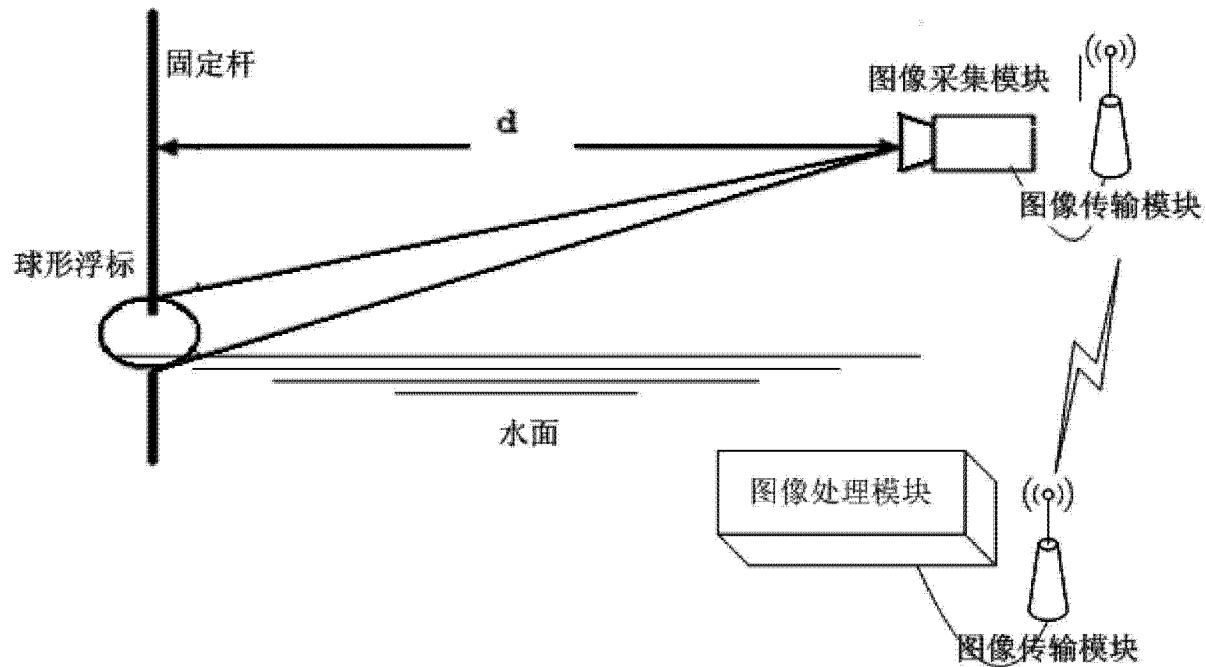


图 1

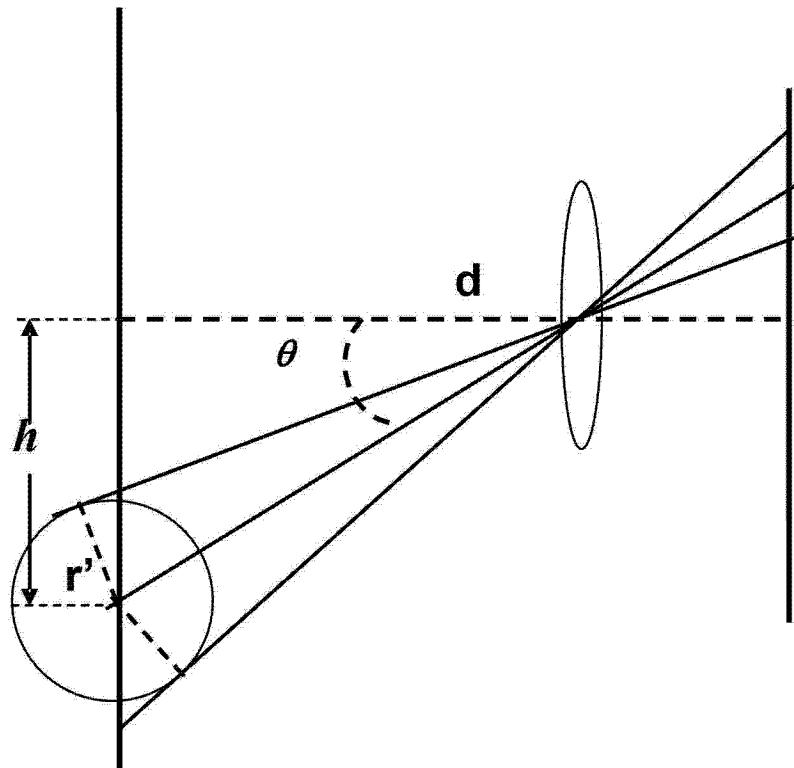


图 2