

一种基于图像识别的水位测量算法

仲志远

(南京理工大学机械工程学院 南京 210098)

摘要:对传统水尺测量需人工读取,而压力式、超声波式、光电式等自动水位传感器存在维护困难、易损坏、需其他设施配套辅助等问题,提出一种利用摄像机捕获含有水尺图像的视频,并从视频图像中实时截取水位图像,对图像进行灰度转换、中值滤波、边缘检测等处理后,计算出水位结果的方法。水位数据主要由软件识别算法获得,具有测量精度高、维护方便、设备简单、易于推广等特点,实用化后可应用于城市涵洞、水库水位甚至闸位的测量。

关键词:视频;图像识别;水位量测;K-means 聚类分析

中图分类号: TN2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.604

Method of water level data capturing based on video image recognition

Zhong Zhiyuan

(College of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210098, China)

Abstract: Due to the traditional gauge measurement need human to read, and the pressure, ultrasonic, automatic water level sensor exists problems like difficult to maintain, easy to damage, need other auxiliary facilities, this paper proposes a method that capture video images containing draft using the camera, and intercept real-time water level image from the video, after gray scale conversion, median filtering, edge detection and other treatment, calculate the results of water level. The water level data is obtained by the software identification algorithm, which has the characteristics of high measurement precision, easy maintenance, simple equipment, easy to popularize and so on. This method can be applied to the measurement of the water level of reservoir, city culvert and even the gate position.

Keywords: video image; pattern recognition; water level measurement; K-means cluster analysis

1 引言

我国是一个水灾频发的国家,水安全问题已成为影响经济和社会发展中的重要因素之一。洪水等突发事件所引发的损失和危害巨大,因此水情监控问题成为国家水利部门关注的重点。为了准确而实时地监测水位,目前国内多数水文监测站使用的是传统水位测量方式。

传统水位测量方式主要有安装水尺目测读数和使用传感器自动采集水位相关的模拟量再转换为水位量两种。其中,目测读数的方式需要耗费人力,且实时性不高,恶劣环境下读取水位人员的安全也不能保证。使用传感器自动采集则主要有超声波式、压力式、浮子机械编码式、雷达式等测量手段。这些测量方式优点与缺点并存,缺点也非常显著,如难于维护,受环境影响较大等。

本文通过设计一系列图像识别算法,对从视频流中

截取的水尺图像进行处理,经过灰度化、中值滤波、边缘检测、二值化、形态学处理以及图像细化,最终由算法得出水位数据。整个测量过程主要由摄像机和识别软件完成,精度较高且应用要求低,因此具有广阔的应用前景。

2 目标图像的提取和预处理

2.1 目标图像的截取和平均

从摄像机采集到的视频图像数据,首先要选取出数帧含有水尺图像的图片进行平均。利用微软的 MSDN(microsoft developer network)提供的视频处理函数与 OpenCV(open source computer vision library)提供的截取视频帧函数可以从摄像机采集的视频中提取出若干帧的图像并保存^[1]。截取连续的数帧图像取平均可避免非常态干扰,提升测量精度。

收稿日期:2016-12

2.2 彩色图像的灰度化

由于很多摄像机支持彩色图像拍摄,在处理图像之前,应对采集到的彩色图像按照式(1)进行灰度转换以便后续处理^[2]。

$$T = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \quad (1)$$

其中 T 得到转换后目标图像的灰度值, R 、 G 、 B 分别为红、绿、蓝的彩色图像分量,图 1 为灰度化后的图像。



图 1 灰度化后含有水尺的图像

3 兴趣区域的提取和形态学处理

3.1 中值滤波

灰度化后的图像可能存在有由于环境或干扰产生的噪声,如热噪声,量化噪声等,首先需要对其进行滤波去噪。这里采用能够较好保留图像细节的中值滤波方法。

中值滤波作为一种非线性技术,可以有效的消除孤立噪声点同时保持图像中的关键细节。它将每一像素的灰度值按照该像素周围一定区域内所有像素点灰度的中值重新设定,从而消除与区域内像素灰度中值差异过大的点。

中值滤波的主要算法流程如下^[3]。

- 1) 设置一个合适大小,含有奇数个点的采样窗口。
- 2) 通过采样窗口在被处理的图像中取出奇数个像素,并对这些像素的灰度值进行排序。
- 3) 选取奇数个灰度值的中值,即从小到大排在中间的一个,作为替换值。
- 4) 将在采样窗口中心位置的像素的灰度值,设为替换值。
- 5) 重复步骤 2)~4),对图像中所有像素点进行处理。

一般情况下中值滤波后,小于采样窗口面积的一般噪声点可以滤除,而较大的物体如水尺刻度,水面轮廓等几乎完全不受滤波的影响。

3.2 边缘检测

对经过滤波后的图像采用边缘检测,可以很好的提取到水尺刻度的特征,大幅度减少数据量并剔除不需要的图像信息,同时还能保留重要的图像结构属性,便于后续处理识别。边缘检测中常用的算子有 Canny 算子,或各种改进的 Canny 算子以及 Sobel 算子。这里由于是对水尺刻度的识别,对细节纹理不太注重,所以选择了虽然不如

Canny 算子准确但效率更高的 Sobel 算子。Sobel 算子算法的优点是计算简单、速度快,通常检测时带有方向性,可以选择进行水平方向检测或者垂直方向检测,或两个方向都检测^[4]。因为水尺刻度在图像中处于水平方向,这里进行垂直方向的边缘检测。图 2 所示为中值滤波和边缘检测后的图像。

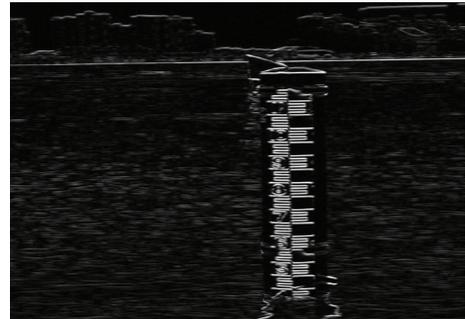


图 2 滤波和边缘检测后的图像

3.3 二值化

对图像进行边缘检测后再通过二值化,去除水面、背景等非目标图像。一般从多值的图像中提取目标物体,最常用的方法就是设定出全局的阈值 T ,然后根据全局阈值,将图像的数据分为两部分:灰度值大于 T 的部分和灰度值小于 T 的部分。将灰度值大于 T 的部分的像素设为白色(或黑色),而灰度值小于 T 的部分设为黑色(或白色)。本文使用迭代阈值法合理选取全局阈值进行二值化,迭代阈值法的算法流程如下^[5]。

- 1) 设置一个初始阈值 T_0 ,可以自己设置或随机生成。
- 2) 根据初始阈值将图像分割成两部分:目标图像区域 $S1$ 和背景图像区域 $S2$ 。
- 3) 分别求出 $S1$ 和 $S2$ 部分的像素灰度平均值 $G1$ 和 $G2$ 。
- 4) 设定新的阈值 T_n 为 $(G1+G2)/2$ 。
- 5) 重复步骤 2)~4),不断用新设定的阈值分割图像,计算平均灰度值,直到得出的新阈值等于上一次的阈值。

经过二值化后的图像如图 3 所示。



图 3 二值化后的图像

3.4 形态学处理

二值化后的图像,还可能存在一些干扰判断的噪点,有必要通过形态学的腐蚀处理来进一步滤除。膨胀和腐蚀是形态学的基础运算,许多形态学算法都以它们为基础,其中腐蚀的作用是去除小于结构元素的物体,对图像的腐蚀过程如下^[6]。

1)用结构元素 Y 扫描待腐蚀二值图像 X 的每个像素。

2)结构元素 Y 的像素与其覆盖的二值图像区域做“与”操作,即如果全为 1,则结果图像的该像素为 1,否则为 0。

腐蚀后的刻度图像如图 4 所示。

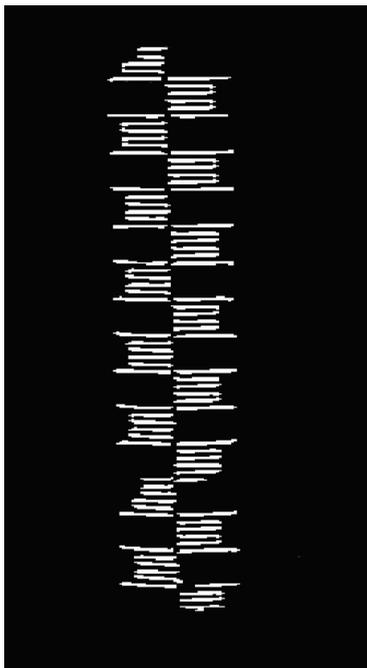


图 4 腐蚀后的刻度图像

3.5 图像细化

去除背景和水面经过腐蚀后得出的水平刻度线,不宜直接用于后面的处理分析,需要对上一步的结果图像进行图像细化处理。图像细化可以从目标图像中提取出图像骨架,即将原图像中像素宽度大于 1 的线条细化成只有 1 像素宽的线条,之后可以比较容易的分析图像或提取图像的特征。此处使用 Zhang 快速并行细化算法^[7]对刻度进行细化,细化后的图像如图 5 所示。

4 基于 K-means 聚类分析的水位识别

4.1 K-means 聚类分析获取刻度数

数据聚类是对于静态数据分析的一门技术,在许多领域内都被广泛地应用,包括机器学习、数据挖掘、模式识别、图像分析、信息检索以及生物信息等^[8]。K-means 算法是最常用的聚类分析方法之一,是由 Macoueen 提出,它

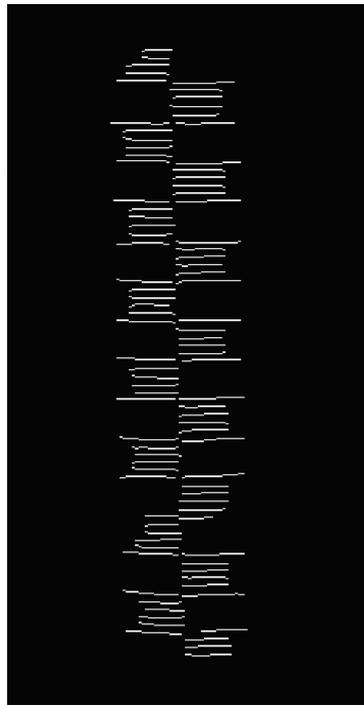


图 5 细化刻度后的图像

具有算法简单且收敛速度快的特点^[9]。通常采用的准则函数是平方误差准则函数,即:

$$E = \sum_{i=1}^k \sum_{p \in C_i} |p - m_i|^2 \quad (2)$$

式中: E 为所有数据的误差平方和, P 为单个的对象, m_i 为均值。K-means 算法是基于距离的聚类算法,它将相聚越近的对象判定为相似度越大,认为簇是由紧凑的距离靠近的对象形成的,因此最终可以得到紧凑且独立的簇。K-means 算法的流程如下^[10]:

1)从 N 个对象中随机选取 K 个对象作为聚类质心。

2)对剩余的每个对象,算出它们到每个质心的距离并归类到相聚最近的质心的类。

3)重新计算已经得到的各个聚类的质心。

4)重复步骤 2)~3),不断划分新的聚类并得出新的质心,直到新的质心与上一次计算得到的质心相等或者小于指定的阈值,此时得到的聚类即为最终结果。

对于上一步图像细化后的刻度图像,每一条刻度将被划分为一个聚类,从而最终聚类数量等于可以识别出的刻度数量,进而在后续处理中算出水位。

4.2 水位测量算法

1)算法思想

对从视频中截取平均,经过灰度化、中值滤波、边缘检测、二值化、腐蚀、刻度细化后的图像,通过聚类分析的方法,先随机选取若干对象作为聚类质心,设定阈值水位尺相邻刻度间的最小距离,聚类分析后算出满足条件的聚类数量 N ,再根据水尺和公式计算水位。

2)总体算法

- (1)从视频流中截取数帧图像取平均,并灰度化。
- (2)对(1)获得的图像进行中值滤波,使用 Sobel 算子边缘检测。
- (3)将上一步得到的图像二值化后进行腐蚀处理。
- (4)对腐蚀后的结果图像进行图像细化处理。
- (5)随机选取图像中的像素作为初始聚类中心,设置合理的阈值后进行聚类分析,得出水尺刻度线间隔数 N 。
- (6)根据公式代入间隔数 N 计算水位。

5 实验结果分析

实验数据库采用 240 张在现场用摄像机拍摄得到的图片,包括一天中不同时间的不同水位信息,在此基础上进行水位识别。算法处理每张图像所需时间在 65~80 ms 之间,设定误差允许范围在 1 cm 以内的情况下,所有图像都得出正确检测结果。

下面给出实验图像由算法得出的数据结果和由人眼目视读取的水位结果以及两种水位间的误差进行比较,图 6 所示为人工测量得到的水位,图 7 所示为识别算法得出的水位,图 8 所示为算法程序得到水位与人工得到水位之差。

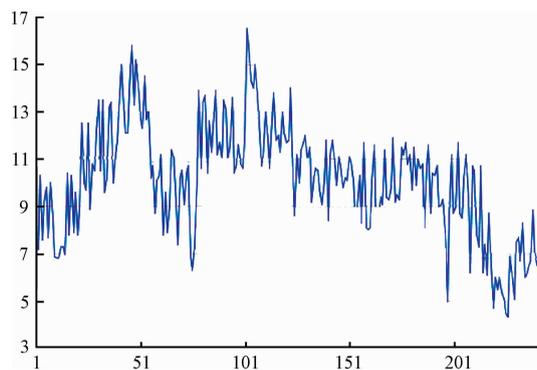


图 6 人工测量得到的水位

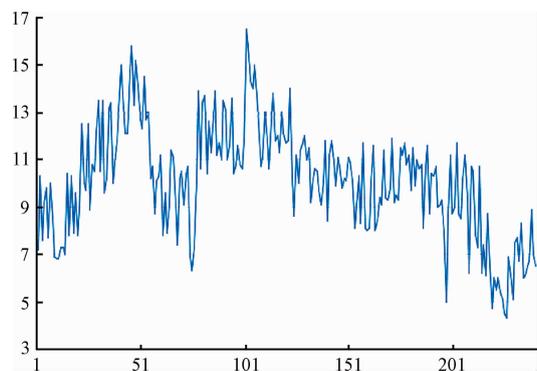


图 7 识别算法得出的水位

从图 8 可以看出误差不超过 0.6 cm,造成误差的主要原因有实际拍摄水位时,水位线不是完全静止,会有小范围的浮动;以及部分水尺的刻度线模糊缺损,导致边缘检测算法难以刻度线,总体来说,提出的算法的识别正确率和实时性能够满足应用需求。

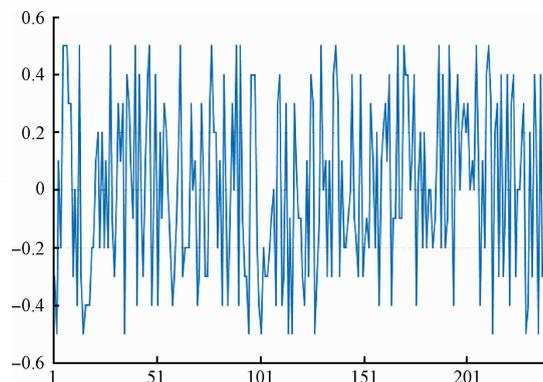


图 8 算法得到水位与人工得到水位之差

6 结论

本文提出的水尺测量算法基于图像识别,可广泛应用于测量各种可使用水尺的水位测量场合,费用低廉、设施简单、并且精度较高。水位识别方法通过灰度变换,边缘检测,图像细化,K-means 分析等得到刻度线然后计算水位,由于视频摄像的实时性,可方便的对水位进行远程在线监控,具有较强的实用性。对于原本已经架设摄像头的系统,无需添加太多设施即可完成改造。

参考文献

- [1] 翟亚宇,潘晋孝,刘宾.基于 VC++ 物体尺寸检测中的实时图像处理与显示[J].测试科学与化学:英文版,2014,5(4):40-45.
- [2] 龚声蓉.数字图像处理与分析[M].北京:清华大学出版社,2014.
- [3] 李高西,曹军,张福元.基于视觉灵敏度及粗集的彩色图像滤波算法[J].电子测量与仪器学报,2014,28(2):211-217.
- [4] 牛敏,邬战军,牛燕雄.一种基于排序统计理论快速图像中值滤波法[J].电子测量技术,2015,38(6):60-63.
- [5] 楚广生.基于图像处理的自动调光系统[J].国外电子测量技术,2015,34(12):69-72.
- [6] 赵劼,刘铁根,李晋申.基于 DM642 的高速图像识别系统设计[J].电子测量与仪器学报,2007,21(1):86-89.
- [7] 彭太乐,张文俊,汪友宝.基于多特征的视频镜头检测方法[J].仪器仪表学报,2015,36(9):13-20.
- [8] 李乔.基于移动终端的水位监测与车牌定位算法研究[D].西安:西安电子科技大学,2011.
- [9] 姚丽君,赵磊.基于改进的 K-means 聚类算法在图像分割中的研究[J].计算机光盘软件与应用,2014(20):201-201.
- [10] 刘宇.基于遗传算法的模糊聚类研究及其应用[D].开封:河南大学,2007,27(1):52-55.

作者简介

仲志远,1991 年出生,工学硕士,主要研究方向为仪器仪表测量、道路交通图像处理与识别、医学图像分割等。
E-mail:sands5@sina.com