

煤炭港航交重智能计量系统研究

王万耀

(神华销售集团有限公司,北京 100011)

摘要: 根据现代化港口管理对煤炭交重智能化计量的需要,设计实现了一套以船舶水尺图像采集和识别为核心的港航交重计量系统,给出了系统的设计思想和软硬件构成,且针对关键技术问题进行了详细研究。该计量系统以数码单反相机代替传统人眼观察进行水尺图像采集,并结合使用电子水平尺获取船舶的姿态信息,进而通过融合形态学及BP神经网络的图像识别算法对吃水深度进行判别,并求取多幅图像分析结果平均值来降低风浪造成的影响。同时系统中还利用构建于远程服务器端的数据库管理程序对全部测量和分析过程进行记录,使得事后对测量结果进行追溯成为可能。

关键词: 煤炭航运;交重计量;图像采集;吃水识别

中图分类号:TD849;U661

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2012)04-0118-04

Intelligent measurement system for draft survey of coal

WANG Wan-yao

(Shenhua Trading Group Co. Ltd. Beijing 100011, China)

Abstract: To meet modern port management demands, develop an intelligent measuring system for draft survey of coal based on gauge image acquisition and processing. Introduce its design concept, hardware and software structure as well as the key technologies. The traditional visual observation is replaced by the digital single lens reflex camera which is used for gauge image acquisition, the electronic level bar helps to measure ship motions. Combining the digital image processing technology of morphology and BP neural network, recognize the draft and calculate the average value. A series of processing average value is gotten in order to reduce the interference of waves. All data in the measurement are recorded in the database, which make it possible for the verification of results.

Key words: coal shipping; draft survey; image acquisition; draft recognition

港航交重计量是煤炭航运过程中衡量货物价值的重要方法,船舶吃水深度检测作为港航交重计量工作的关键环节,其检测精度直接决定了载煤量计算的准确性,关系到货物交接结算的公平^[1-2]。目前用于检测船舶吃水深度的方法包括人工观测法、超声波测量法、压力传感及电子水尺测量法。传统的吃水深度检测主要依靠人工目测水尺实现,容易

受风浪及主观因素的影响,同时也不利于事后对测量结果进行查验。超声波测量法利用超声波测距技术测量船舷与水面的距离进而换算成吃水深度,因其受限于超声波对温度和湿度的影响而未得到广泛应用。压力传感及电子水尺测量法都依靠于船体外侧附加的浸没于水中的传感器实现,对现有船体的必要改造和传感器使用过程中的频繁维护是此类测

收稿日期:2012-06-12 责任编辑:孙淑君

作者简介:王万耀(1958—),男,辽宁台安人,高级工程师,副总经理,主要从事煤炭销售管理工作。

引用格式:王万耀.煤炭港航交重智能计量系统研究[J].洁净煤技术,2012,18(4):118-121.

量方法难以推广的主要原因。因此目前国际上被广泛认可和使用的船舶吃水深度检测方法仍然是人工观测法^[3]。

针对人工观测法中存在的弊端,设计实现了一套基于水尺图像采集和识别的港航交重计量系统。该系统以数码单反相机替代人眼进行水尺图像采集,能够有效降低主观因素的影响,也为测量结果的事后追溯提供了原始材料。利用融合形态学及BP神经网络的图像识别算法对船舶吃水深度进行判别,并综合多参量对风浪干扰和其他误差进行必要修正,最终实现对散装货船载煤量的客观准确测定。

1 系统构成

考虑到现代化港口管理对船舶信息获取的实时性需要,设计的港航交重智能计量系统主要由综合数据采集子系统、无线传输子系统、数据处理及管理子系统构成,如图1所示。

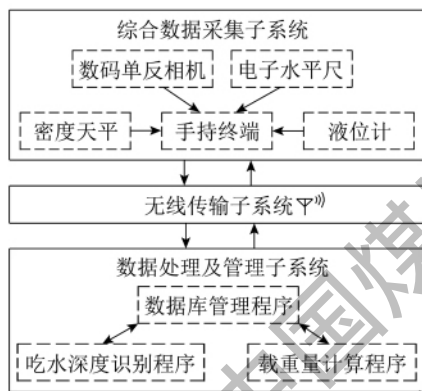


图1 港航交重计量系统构成

综合数据采集子系统以内嵌XP系统的手持终端为核心,数码单反相机用于采集船舶水尺图像,电子水平尺用于获取船舶姿态,电子密度天平用于测量港水密度,手持式液位计用于测量水油仓的空当高度。采集到的数据首先由手持终端进行打包压缩,后通过无线传输子系统上传至远端的数据处理及管理子系统。经数据处理及管理子系统处理得到的船舶载重量及状态数据再回传至手持终端进行显示,也可利用嵌入于手持终端的微型打印机进行打印输出。

无线传输子系统基于3G网络构建,手持终端通过3G网络接入国际互联网,继而与远程服务器建立通讯联系。已经成熟的3G网络为数据的远程传输提供了技术保障,测量所产生的几兆数据通常在几十秒内就能够完成传送。

数据处理及管理子系统主要由运行于远程服务器上的数据库管理程序、吃水深度识别程序和载重量计算程序组成。手持终端传递来的数据包首先经数据库管理程序解压和拆分形成原始数据单,然后再由数据库管理程序调用吃水深度识别程序和载重量计算程序处理得到载重量和状态参数,并形成最终的船舶信息单。吃水深度识别程序利用形态学及BP神经网络对船舶刻度数值和吃水线位置进行识别,并综合多幅水尺图像的识别结果求取吃水深度。载重量计算程序将综合多面水尺的吃水深度以及船舶姿态参数对吃水深度和排水量进行修正,并综合其他参数最终得到准确的载重量。

2 水尺图像采集

通常散装货船具有6面水尺并对称分布在艏、舯、艉两侧,当船舶靠港时一侧水尺朝向港岸,而另一侧水尺朝向大海。对于朝向港岸一侧的水尺进行观测和图像采集比较容易,而对于朝向大海一侧的水尺一般需要借助机动小艇进行观测,是以往交重计量过程中最费时费力的环节。据此在保留传统观测方式的同时提出了结合船舶姿态测量的吃水深度数据采集方法。

当乘坐小艇对船舶水尺进行图像采集时,测量人员可手持数码单反相机对6面水尺进行逐一拍摄。为便于后续的图像识别,取景时尽量保持吃水线位于画面的下1/3处,在小艇晃动比较明显的情况下则可通过扩大取景范围来保证水尺画面的完整性。水尺图集及船舶姿态采集方案如图2所示,也可仅对船舶单侧水尺进行图像采集,同时利用电子水平尺测量船舶横向倾角,进而在后续的数据处理中通过一侧吃水深度换算出对称位置的吃水深度,如图2a)。当船舶的单侧水尺中尚有一面或两面水池难以辨识时(特别是斜度较大的艉部水尺,如图2b))亦可利用电子水平尺测量船舶横向和纵向的二维倾角,进而通过推算得到未测量面的吃水深度。尽管利用电子水平尺配合水尺图像采集将为后续吃水深度计算带来额外的测量误差,但实验证明在保证一面吃水深度测量精度达到 $\pm 0.005\text{ m}$ 时,使用精度为 $\pm 0.01^\circ$ 电子水平尺就可以满足推算出的对称位置吃水深度达到检定规程所规定的 $\pm 0.01\text{ m}$ 精度。

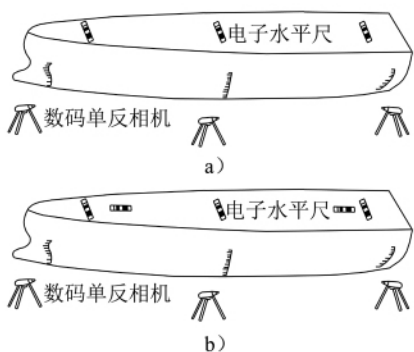


图2 水尺图像及船舶姿态采集方案

此外考虑到风浪对船舶吃水深度判别可能造成的影响,结合数码单反相机的外部控制功能设计了程控拍摄装置。其利用单片机对相机快门进行定时触发,可根据设定的时间间隔控制相机进行连续拍摄,保证在2个以上波浪周期中获得几十幅水尺图像,如图3所示。进而利用吃水深度识别程序求取多个吃水深度的平均值,则可有效降低风浪可能产生的干扰。



图3 数码单反相机拍摄的典型水尺图像

3 吃水深度识别

吃水深度识别的关键在于找到水尺所在的核心区域,进而通过识别刻度字与吃水线的相对位置确定吃水深度,据此确定的识别流程如图4所示。

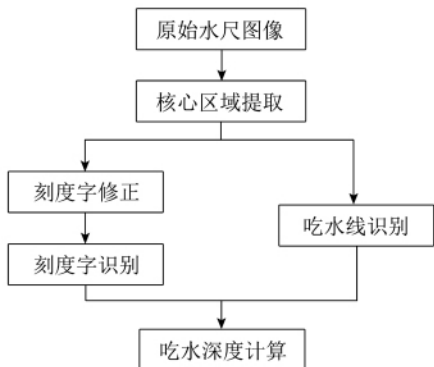


图4 吃水深度识别总流程

在获得了原始水尺图像后首先对图像进行灰度变换和二值化,并利用刻度字与背景有明显反差确定水尺所在的核心区域。然后运用形态学对刻度字进行修正,并基于BP神经网络算法实现对刻度字的数值化。同时利用彩色图像分割和线性拟合方法确定吃水线位置。最终通过比较吃水线在数值化水尺上的相对位置得到吃水深度值。

3.1 刻度字修正

刻度字的修正主要包括对二值化刻度字图像进行的降噪处理和倾斜校正,使字符图像更接近于BP神经网络中存储的标准字符,从而有效提高刻度值判别的准确率。刻度字降噪及倾斜校正前后对比如图5所示,考虑到刻度字图像中只涉及到阿拉伯数字“0~9”以及字母“M”,利用形态学中的开操作和闭操作对图像进行了降噪处理,在数学上可将这2种操作表述为

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (1)$$

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (2)$$

其中, \ominus 表示溶蚀操作, \oplus 表示膨胀操作。

对图像进行开操作可以删除细长的突出部分、细长的连线、弯口、指向外的齿状边缘和小的孤立物,闭操作则可以删除细长的弯口及指向内部的齿状边缘和小洞^[4]。

对刻度字的倾斜校正,是根据图像拍摄中导致形变而进行的逆向操作过程。从图5c)所示的刻度字可以看出,图像既存在整体旋转又存在像素间的错切,属于混合倾斜。使用三角测量原理确定刻度字的倾斜角度,并利用双线性插值法对图像进行操作,在实现倾斜校正的同时仍然保持了刻度字图像边缘的平滑特性。



图5 刻度字降噪及倾斜校正前后对比

3.2 刻度字识别

刻度字的识别主要针对阿拉伯数字“0~9”进

行, 尽管识别内容只包含 10 个数字, 但船舶型号的不同和拍摄环境的变化会使字符间存在巨大差异。因此, 采用了基于 BP 神经网络的字符识别算法, 其核心体系结构如图 6 所示。

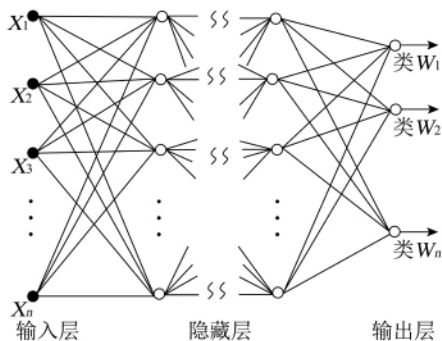
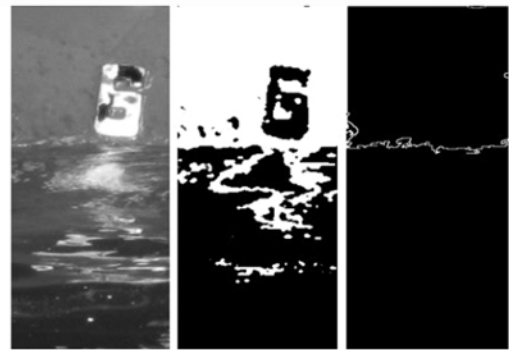


图 6 BP 神经网络核心体系结构

该体系以神经元构成的输入层、隐藏层、输出层为核心, 是一种不断根据反馈误差来调整神经元之间的连接权值而构建的误差反向传递神经网络模型^[5]。输入层由刻度字图像矩阵中提取的轮廓特征、分布特征、离散傅里叶特征等 93 个神经元组成, 输出层由对应于 10 个数字符号模式的 10 个神经元组成。隐藏层由 48 个神经元组成, 并通过全连接的方式连接输入层和输出层的各神经元构成整个 BP 神经网络的核心。其基本算法由信息的正向传播和误差的反向传播 2 个过程组成^[6]。输入层神经元接收到的信息经隐藏层处理后由输出层输出, 当输出结果与期望值不符时进行误差的反向传播, 并按照误差梯度下降的方式修正各层神经元权值。信息在网络中进行反复传播, 同时神经元权值被不断调整, 直至输出误差减少到可以接受的程度或达到设定的训练次数。因此基于 BP 神经网络的识别程序具有良好的自适应性和自组织性, 能够有效提高字符的识别准确率。

3.3 吃水线识别

吃水线的识别主要关注如何正确区分船体与水面特征从而确定二者间的交线位置^[7-8]。与常规边缘检测中所使用的算子不同, 依据船体颜色与水面颜色的明显差异对二者实现了准确分割, 如图 7 所示。在 RGB 彩色空间模型中首先对船体和水面平均颜色进行估计, 然后以颜色分量的最大标准偏差为阈值进行二值化处理, 再经过膨胀处理后即可得到较理想的分割效果。在此基础上按顺时针连接方式跟踪对象的外部边界, 并用最小二乘法拟合即得到最终的吃水线位置。



a) 彩色图像 b) 分割后效果 c) 最长边界

图 7 彩色图像分割及边缘检测

4 结 语

介绍了用于煤炭港航交重的智能计量系统, 重点讨论了该系统中用于水尺图像采集和吃水深度识别的关键技术。在水尺图像采集中利用数码单反相机和电子水平尺获取船舶的吃水和姿态信息, 在吃水深度识别中利用融合形态学及 BP 神经网络的图像识别算法实现了对船舶吃水深度的判别。同时利用数据库管理软件实现了对全部测量数据和处理结果的记录, 为测量结果的事后追溯提供了可能。此外该系统中所涉及的交重计量方法也同样适用于其他价值不高或不易用衡器计量的散装货物计重, 是现代化港口管理过程中获取船舶载重信息的重要方式。

参考文献:

- [1] 孙图南, 高强, 周翀, 等. 我国水尺计重影响因素及优化方式的研究进展[J]. 检验检疫学刊, 2011, 21(4): 15-31.
- [2] 王庆一. 中国煤炭工业的数字化解读[J]. 中国煤炭, 2012, 38(1): 18-22.
- [3] 汪涛涛. 船运煤炭研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2009.
- [4] 沈庭芝, 王卫江, 闫雪梅. 数字图像处理及模式识别(第2版)[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.
- [5] Mark S Nixon, Alberto S Aguado. Feature Extraction and Image Processing[M]. Beijing: Publishing house of electronics industry, 2010.
- [6] 王婷, 江文辉, 肖南峰. 基于改进 BP 神经网络的数字识别[J]. 电子设计工程, 2011, 19(3): 108-112.
- [7] Navon E, Miller O, Averbuch A. Color image segmentation based on adaptive local thresholds[J]. Image and Vision Computing, 2005, 23(1): 69-85.
- [8] 刘仁金, 高远飙, 郝祥根. 船舶吃水线定位分析及算法研究[J]. 皖西学报, 2009, 25(5): 1-4.