

多视觉信息融合的内河航道智能监控系统

汤一平¹⁾ 柳圣军¹⁾ 周超²⁾ 严海东¹⁾ 金海民¹⁾ 朱艺华¹⁾

¹⁾(浙江工业大学信息工程学院, 杭州 310014) ²⁾(浙江省港航局, 杭州 310005)

摘要 探讨了利用动态图像理解技术对内河船舶的交通状况进行监控,采用多视觉传感器数据融合技术对跟踪的船舶对象进行特写抓拍;通过对交通流信息的实时采集、处理、跟踪与分析,得到内河航道中交通状态信息,如船舶流量、船舶速度、通航密度等重要基础信息。通过对抓拍到的船舶对象图像进行船名牌识别和吃水深度的估算,得到被跟踪船舶对象的基本属性数据和载重量等重要内河管理基础信息,为航运管理部门进行水域交通管理和交通规划提供决策依据。此外,通过自定义感兴趣监控区域以及监控对象来减少图像处理时间,提高系统实时处理能力及鲁棒性。实验结果表明,系统可以实现对船舶稳定跟踪,并对船舶进行特写抓拍和识别,识别准确率高,最终实现吨位估算。

关键词 视频智能监控 船舶对象跟踪 动态图像理解 视频数据融合 船舶流量统计算法

中图分类号: TP301.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2008)08-1608-09

An Intelligent Surveillance System for Freshwater Sea-route Based on Multi-vision Information Fusion

TANG Yi-ping¹⁾, LIU Sheng-jun¹⁾, ZHOU Chao²⁾, YAN Hai-dong¹⁾, JIN Hai-min¹⁾, ZHU Yi-hua¹⁾

¹⁾(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014)

²⁾(Zhejiang Province Harbor Bureau, Hangzhou 310005)

Abstract In this paper we discussed about monitoring the traffic of freshwater sea-route by mean of dynamic image understanding technology, in which multi-vision-sensor data amalgamation technology is used to capture the concerned areas of tracked ships. With real-time collecting, processing, tracking, and analyzing the video flow, some important traffic information including speed, number of ships, and the density of the ship in route are automatically obtained. The captured ship images are analyzed to determine license plates and load of the tracked ships and to obtain some basic data useful for river management department's decision-making for management and planning. In addition, the surveillance area and object can be defined by users so that the system processing time is reduced while the ability to real-time processing, reliability, and robustness are improved. Experimental results show that the system can realize tracking the ships stably, can capture and recognise the specified part of the ship. The accuracy rate of recognition is high, at last the system realizes calculating the tonnage.

Keywords video intelligence surveillance, ship tracking, dynamic image understanding, video data amalgamation, statistic of the number of ships

基金项目:浙江省科技厅重大科技项目(2006C11202);国家自然科学基金项目(60673177)

收稿日期:2008-04-10; **改回日期:**2008-05-18

第一作者简介:汤一平(1958~),男,工学博士,教授。研究方向为全方位视觉传感器应用、计算机视觉,普适计算技术,已经授权和公开的国家发明专利68项,在日本留学和工作期间曾获得2项日本自动化学会和协会的奖励,发表学术论文90余篇。E-mail:typ@zjut.edu.cn

1 引言

嵌入式计算、无线通信和传感器技术的迅速发展和结合,使人们能几乎是无所不在地采集、传输和存储视频数据。如果这些海量的视频数据能得到及时和准确的分析和理解,就能实时获取交通基本信息,在智能交通领域发挥重要作用。但是目前对各种水路航道交通事件和异常情况的视频监控主要还是依靠人工判断,使得这些数据难以得到充分的利用。因此基于动态图像理解的智能交通监控技术和开发高效的系统已经成为目前计算机视觉领域极富挑战性的科学问题之一。

基于视频图像的智能交通监控技术主要可以应用在交通流的统计与检测、在隧道、高速公路和水路航道上的在线事故检测、道路引导和指示设施的自动控制以及道路维护和改善的效果分析等方面。

目前国内外常见的内河河道上船舶流量检测方法有声纳检测器、超声波检测器、视频检测技术等。声纳技术是实现船舶吨位智能测量,声纳传感器必须安置在船舶目标的距离在5~25米左右,使用受到距离的限制^[1];波频船舶检测由于是采用发射、反射和接收的模式,容易受到干扰,所以影响了其性能的发挥^[2]。由于视频检测方法具有检测范围大、提供信息丰富、安装维修方便等优点,被认为是最有发展前景的检测方式之一。

由于视频检测技术在智能交通方面有诸多优点,近年来已成为国内外学者关注的热点^[3,4]。目前绝大多数研究都是先进行视频采集,然后对视频图像进行处理和分析,最后将处理结果显示出来。人工智能研究的是用机器实现人类的智能^[5],即要用人类的思维方式思考与解决问题。动态图像理解属于人工智能学科中一个非常重要的分支,那么是否可以将人类的这种思维方式应用到视频检测中去呢?

Shah等学者指出:21世纪的计算机视觉研究将从今天的静态图像研究转向动态图像序列分析或者说是动态图像理解^[6]。对动态视频监控主要的目标任务是实现监控对象的行为进行语义化描述,即被专家学者们称之为“逆好莱坞问题”(inverse hollywood problem)。Kojima等学者指出:要在动态图像语义鸿沟之间用架桥的方式(bridge a semantic

gap)来解决“逆好莱坞问题”^[7]。动态图像序列的语义理解是智能视觉监控的关键理论和方法,是实现智能交通的重要途径,国内外许多学者发表了各个领域中的研究成果^[8,9]。

2 系统设计

2.1 系统概要

利用一台广角摄像装置对内河航道的过往船舶对象进行视频监控,通过动态图像的理解获取船舶的位置、航行方向、速度等信息,然后根据预先所定制的映射关系指示另一台快速球摄像装置对所跟踪的船舶进行特写抓拍,并将抓拍的图像放在以船舶ID号命名的文件夹内,通过对特写船舶图像的识别,解析出船舶船舷浮在水面的高度和船名牌号,接着以船名牌号为检索关键词检索船舶基本数据库得到该船舶的基本数据;从船舶的基本数据以及解析出该船体的吃水深度并估算该船舶的载重量。图1表示系统硬件部分概要。图2表示系统软件部分概要。

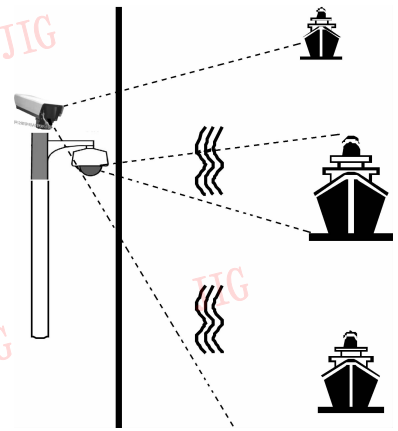


图1 系统硬件概要图

Fig.1 System hardware outline

2.2 系统理论架构

提出了一个对所关心的对象的行为、事件及情景等通过高级语义进行描述的系统理论架构,并通过该框架来解析航道视频监控一些问题。

动态图像理解问题从高层语义的角度来看可以认为是解释一个情景语义问题,以人的思考方式来说,人们从视频图像中首先是获取关心的对象信息,然后通过解析获取所关心对象的状态或者事件信息,最后通过对其一个个状态或者事件信息进行分析和抽象得到我们所需要的理解结果。本文的目的

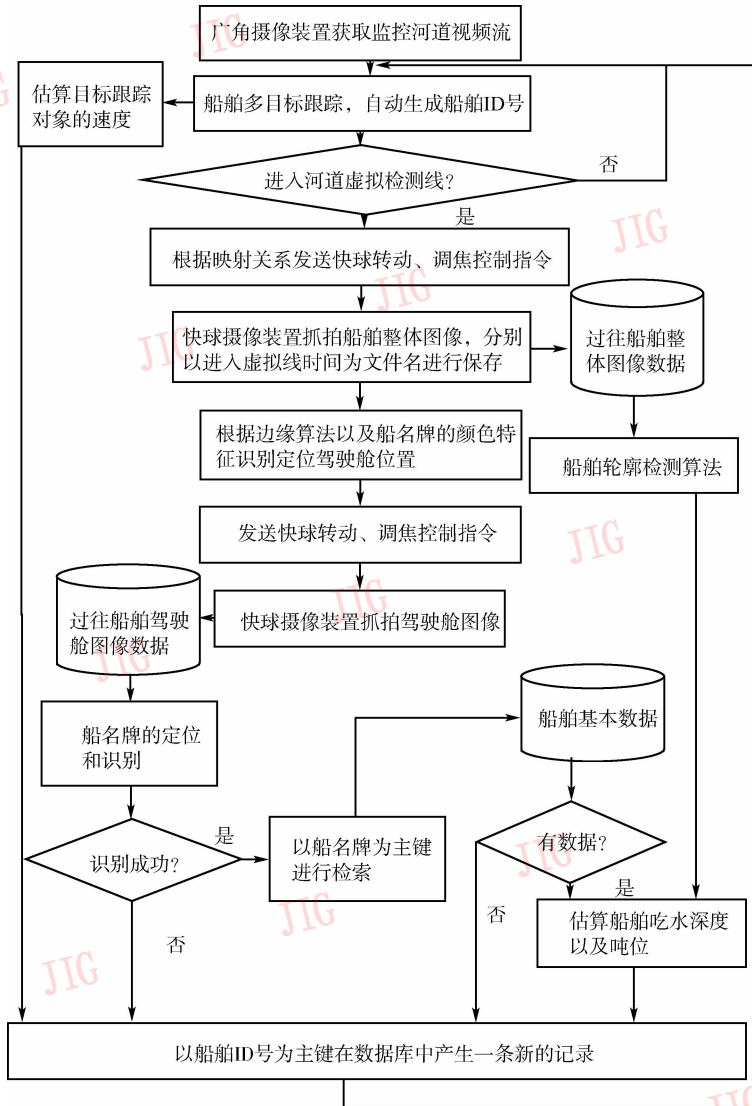


图 2 系统软件概要图

Fig. 2 System software outline

也是希望机器也能具备与人的思考方式一样管理着航道交通以及水上交通安全与调度。如航道检测,关心的对象是航道和船舶;关心的对象状态与事件,对航道来说主要关心的是交通流量、通航密度等状态与事件;对于船舶来说主要关心的是其身份、当前位置、当前时间和载重量等状态与事件;对这些对象、对象的状态和发生的事件进行动态跟踪与关联,期待得到所关心的对象语义以及行为语义,对于航道来说关心的行为有交通堵塞、水上交通事故等。因此关键问题是如何将对象跟踪状态或者事件进行关联,再将状态或者事件跟踪对象行为进行关联,最后对视频情景做出语义解释。

根据“解决逆好莱坞问题”的视频处理思路将

图像的语义分为底层特征层、对象层和概念层;将图像理解和处理中分为 4 个阶段,分别是:视觉感知处理、概念化处理、形式化处理和行为语义处理,对应于每个阶段处理时均采用中间件方式来实现,它们分别是基础中间件、应用中间件、面向高层中间件和情景动作规则中间件;除以上 3 部分以外,更重要的一部分即为层与层之间的关联算法。如图 3 所示。

2.2.1 底层特征层

底层特征层主要涉及到基于对象的一些基本属性,如颜色、形状、纹理和空间关系等。在这个层面上的知识和信息获取手段属于低级视觉感知处理,本文将实现各种视觉感知处理的一些算法归属于基础中间件。

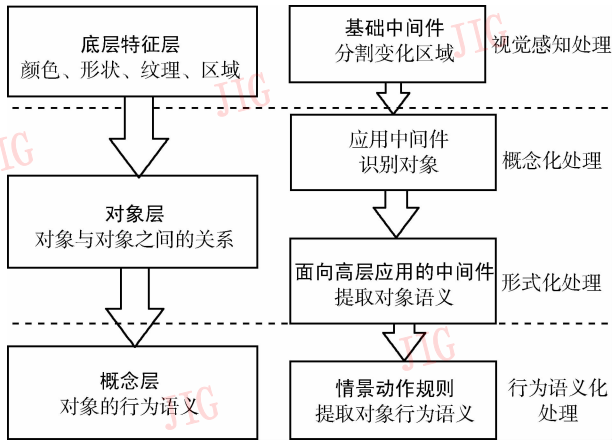


图 3 系统建模理论结构

Fig. 3 System modeling theory frame

2.2.2 对象层

从图 3 中可以看出对象层处在底层特征层与概念层之间,起到承上启下的作用,因此在不同层次之间或者层内之间必须建立语义映射关系。这个层面上需要经过概念化和形式化两个处理步骤,前者主要的任务是要识别出所关心的对象,并从底层特征层所得到的属性与对象进行关联;后者主要的任务是获取该对象的一些事件、行为或者状态,为提取所关心对象的行为语义做好准备。对象的事件、行为或者状态必须通过动态过程才能展现出来,因此在前者与后者之间必须建立一种动态关联,目前许多跟踪算法,比如基于颜色模型的、基于主动轮廓方法的、基于特征的方法的等跟踪算法,这里采用基于颜色模型的跟踪算法来实现对象与对象语义之间的映射。

在对象层中又可以划分为场景、对象和事件 3 类。一般来说可以将场景看成静态对象,将对象作为活动对象,将事件作为对象之间发生了新的动态联系。本文所关心的静态对象是航道,活动对象是船舶,利用相关关联模型就可以得到在某帧图像中诸如船舶现在的所处的位置等事件或者状态。

在对象层中还要研究对象的跟踪算法,跟踪结果是在活动对象与行为或者事件之间建立一种动态的关联。在这个层面上,本文将概念化处理的各种算法归属于应用中间件;将形式化处理的各种算法归属于面向高层应用的中间件。

2.2.3 概念层

概念层主要解决图像通过航道场景、船舶行为等所表达的意义。这个层的知识和信息获取手段属

于行为语义化处理。在这个层面上是采用一些用于提取对象行为语义的情景动作规则中间件来实现的。

通过上述的各种划分,主要目的是能通过中间件的方式来实现开发高效的视频智能监控系统,容易的跨域语义鸿沟。

3 系统理论架构中各分层设计

3.1 系统底层特征层的分析与描述

这里研究的是航道上的视频智能监控,场景是航道,对象是船舶。因此首先要在底层特征层将航道背景中把船舶对象的前景点提取出来。在这一层中所用到的基础中间件主要由自动阈值分割、连通区域拼接和连通区域标识 3 个部分组成,图像处理顺序图如图 4 所示。

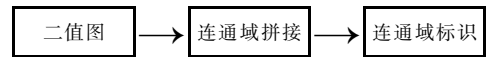


图 4 基础中间件中的图像处理

Fig. 4 Image disposal in base middleware

(1) 自动阈值分割

熵是平均信息量的表征,在数字图像处理和模式识别上有很多应用。许多学者将 Shannon 信息熵的概念应用于图像阈值化,其基本思想是利用图像的灰度分布密度函数定义图像的信息熵,任意变量 x 可以是灰度级值、区域灰度、梯度等特征。应用 Kapur 等人提出的最大熵阈值选取方法,灰度的最大熵,就是选择一个阈值,使图像用这个阈值分割出的两部分的一阶统计信息量最大^[10]。通过实验知道,当选用 RGB 中的 R 分量值小于灰度值 η ,设置为前景点;反之,设置为背景点。实验结果如图 5 所示,图 5(b)中用白色来表示前景,黑色来表示背景。为了简化运算,两边河岸部分定义为背景。



(a)视频原图

(b)视频二值图

图 5 视频图像处理结果

Fig. 5 Video Image disposal result

(2) 连通区域拼接

由于船舶自身及运载物颜色常常与河水颜色比较接近,因此在运用阈值分割得到的二值图还需要进行连通区域拼接。如果两个连通区域很靠近,那么这两个连通区域极有可能属于同一个船舶对象,因此需要把它们拼接成一个连通区域。所谓两个连通区域很靠近,是指它们的轮廓很靠近,即如果把轮廓加粗,那么这两个连通区域会相交。

(3) 连通区域标识

连通区域标识的方法很多,这里采用的是 8 连通区域提取算法。另外连通区域标识受初始数据中的噪声影响很大,一般需要先进行去噪处理。本文中利用腐蚀和膨胀算子分别去除孤立的噪声前景点和填补目标区域的小孔。对处理好的二值图进行连通域标识,一个连通域用一个矩形表示。

经过以上 3 步处理就可以从图像中提取出船舶对象的连通域,因此可以进一步得到基于对象的一些初始信息,如船舶对象的大小、空间位置、船舶中部位置和驾驶舱位置等等。

3.2 系统对象层的分析与描述

对象层中主要考虑的是图像中的对象、对象的活动时间序列及空间问题、相关事件。要正确、快速地理解某一个对象的语义,知道该对象所处的情景(场景的语义)对用机器来理解图像非常有利。情景的内容包括:关心的前景对象,干扰和背景。在这一层处理中首先在概念化处理阶段得到对象,然后在形式化处理阶段来获取研究对象的一些状态和事件信息,以提供给概念层进行情景规则动作计算使用。

3.2.1 概念化处理阶段

概念化处理阶段是获取对象的阶段,就是在基础中间件获得的动态前景区域基础上,提取出所关心的监控对象。在本文的应用环境是内河,本来应该要考虑背景、干扰和前景对象。但在这里主要的干扰对象是波浪,已经通过基础中间件中的阴影抑制得到了处理,将其归属为背景。所以在本系统中,要研究的对象可以简化为背景航道对象和船舶对象。航道对象属于静态对象,通过定制静态对象使得解决动态图像理解问题简单化,定制的过程就是通过一些先验知识、内河交通法规等知识在实现静态对象的实例化的过程。将河道划分为 3 条虚拟检测线,如图 5(a)中的 3 条虚线所示,3 条虚拟检测线间隔相等(航道面上的实际距离)并垂直于航道,3 条检测虚拟线都在大范围监控摄像设备的视场范

围内,其中中间一条检测虚拟线与高速快球摄像装置的安装位置相交。当跟踪的船舶对象进入检测最外一条虚拟线时系统自动产生一个事件并调用相应的处理模块,自动生成一条跟踪船舶 ID 号为主键的记录和一个存放特写抓拍图像的文件夹,以船舶 ID 号为主键的记录存放在数据库的监控对象记录表内,记录格式如表 1 所示,图像文件夹名以跟踪船舶 ID 号进行命名。

表 1 监控对象记录表

Tab.1 Surveillance object record

船舶 ID	上下行	通行时间	船舶牌号	长	宽	高	速度	吨位
*****	**	*****	*****	**	**	**	**	*****

对于船舶对象获取,关系到底层特征层与对象层的关联。我们知道,在底层特征层中我们获取了动态前景对象的大小、颜色、形状等信息,那么如何通过这些信息,将得到的动态前景区域跟我们所研究的船舶对象关联起来呢?由于这里关心的活动对象是船舶,那么就可以从动态前景区域的大小来判断其是否为船舶。具体作法是设定一个阈值,如果前景连通区域的面积大于给定的阈值,就判定其为船舶,这样就得到了要关心的船舶对象,实现了底层特征层与对象层的关联。

3.2.2 形式化处理阶段

在这个阶段,主要是实现对象与事件的关联,即要描述对象正在处于一个什么事件或者状态之中,这里要关心的对象分为航道对象和船舶对象两部分。

航道对象:对于航道对象,主要关心的是航道的流量信息以及上下行船舶流量信息。

(1) 航道流量

要获取一个航道的流量是一个动态图像序列的理解问题,我们在对每艘船舶进行跟踪的同时,当它通过视频检测区域时,都会产生一条相应的记录,由于在每条记录中都包含有通行时间的信息,因此统计在某个时间段的记录数就能方便的获得年、月、日以及小时的航道流量。

(2) 上下行船舶流量

在内河水运交通监管过程中,航道的上下行船舶数量是非常重要的信息。由于在表 1 中设置了上下行的字段,因此统计在某个时间段的上行或者下行的记录数就能方便的获得年、月、日以及小时的上下行船舶流量。关于上下行的判断是根据该跟踪的船舶对象首先接触到的最外一条虚拟线来确定的。

通过以上事件的描述可以得到某个船舶对象 ID 的完整信息,直接用于后续的相关情景计算。这里关键问题是要处理动态图像序列上对象的一致性,而这个动态的关联需要由跟踪算法来完成。采用基于目标颜色特征跟踪算法,该算法是对 MEANSHIFT 算法^[11]的进一步改进。与 MEANSHIFT 算法只能处理静态分布相比,基于目标颜色特征跟踪算法需要处理动态变化的分布。该算法利用目标的颜色特征在视频图像中找到运动目标所在的位置和大小,在下一帧视频图像中,用运动目标当前的位置和大小初始化搜寻窗口,重复这个过程就可以实现对目标的连续跟踪。在每次搜寻前将搜寻窗口的初始值设置为运动目标当前的位置和大小,由于搜寻窗口就在运动目标可能出现的区域附近进行搜寻,这样就可以节省大量的搜寻时间,使该算法具有了良好的实时性。同时,该算法是通过颜色匹配找到运动目标,在船舶航行的过程中,颜色信息变化不大,所以该算法具有良好的鲁棒性。现有的目标颜色特征跟踪算法,比如 CamShift 算法^[12],在图像跟踪方面需要人工干预,即要通过人为的选定跟踪对象的外接矩形(对象的颜色特征)才能实现对目标对象的跟踪。由于上述的基础中间件和应用中间件处理中可以得到的船舶目标对象的方位以及大小,然后将处理结果提交给目标颜色特征跟踪算法,以实现自动跟踪。图 6 是通过基于目标颜色特征跟踪算法进行跟踪的 4 帧图像,图中用同一种颜色矩形框标志出来的船舶,表明是同一艘船舶。跟踪具有很好的鲁棒性。

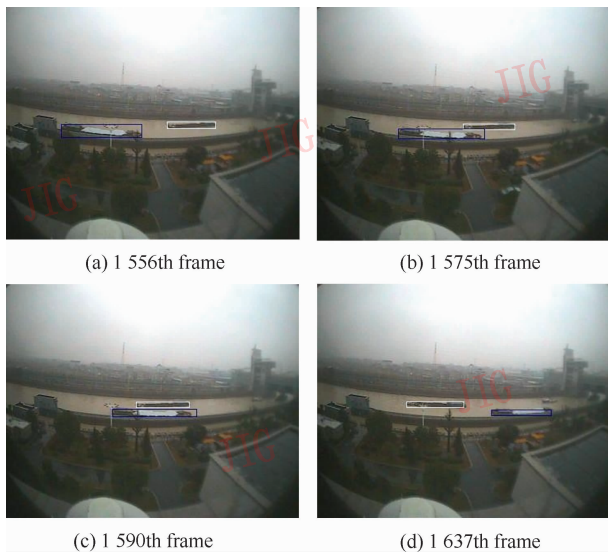


图 6 多目标船舶对象跟踪结果

Fig. 6 Multi ship objects tracking results

3.3 系统概念层分析与描述

通过在系统对象层信息的获取,当一艘船通过检测区域时,可以得到一个完整的船舶对象记录,如表 1 所示,因此在概念层就可以对船舶的情景问题进行分析,将对象的状态或者事件与对象的行为语义相关联起来,来得到所关心的情景。

3.3.1 船舶对象的行驶速度

从船舶速度这个行为语义角度来看,与其相关联的船舶状态或者事件即为我们在对象层中所提到的船舶对象在检测区域所关心的事件。

要计算某一船舶在两个状态下行驶的实际距离,首先要建立图像空间与物理空间的对应关系,这需要对接像机进行标定^[13]。这里通过拟合方法来求解。

由于摄像机拍摄角度和广角摄像边缘部分图像形变的关系,致使成像平面上的两像素点之间的距离与实际所代表的距离有所不同。为了较准确地计算船舶在某个时间内实际航行距离,对航道长度进行了标定,具体做法是将图 5(a)中最左边作为 x 坐标的原点,并忽略河道宽度 y 的影响。通过丈量实际距离,然后通过视频采集图像得到一系列实验数据,最后用 Matlab 对实际距离与相对应的像素值进行拟合,得到成像平面上像素值 x 与实际物理空间距离的变化率 $f(x)$ 之间的关系;为了减小计算误差,将 $f(x)$ 扩大 100 倍进行拟合。拟合后的对应关系如图 7 所示。

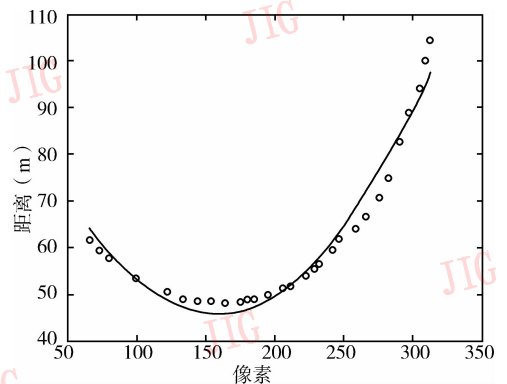


图 7 像素点与实际距离对应关系曲线

Fig. 7 Corresponding curve between pixels and distance

最后的拟合曲线函数为

$$f(x) = 0.002 2x^2 - 0.689 5x + 100.350 4$$

船舶在检测区内运行的实际距离可由下式计算, $\Delta s = \left| \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \right|$, 其中, x_1 是船舶几何中心到

达第一条虚拟检测线时的横坐标, x_2 是船舶几何中心到达第 3 条虚拟检测线时的横坐标。船舶运行速度可由 $V = \Delta s / \Delta t = \Delta s / (t_2 - t_1)$ 求得。其中, t_1 是船舶几何中心到达第 1 条虚拟检测线的时间, t_2 是船舶几何中心到达第 3 条虚拟检测线的时间。

3.3.2 船舶对象的载重量

根据被跟踪船舶对象的空间位置以及大小指示高速快球摄像装置对该船舶对象进行特写抓拍, 得到船体的图像以及包含有船名牌号的驾驶舱图像, 这些图像都存放在以跟踪船舶 ID 号进行命名图像文件夹内, 抓拍图像的显示界面如图 8 所示。



图 8 船体与船名牌抓拍图像

Fig. 8 Captured ship body and license plate images

从图 2 所示的系统软件概要图中可以看出, 要获得船舶对象的载重量, 首先要获得船舷离水面的高度, 然后根据该船舶对象的身份特征信息 (船名牌号) 来检索该船舶对象的基本数据, 得到船体的高度、宽度、长度以及最大设计吃水深度等基础信息, 并根据这些信息估算出该船舶对象的载重量。因此这里必须解决船舶对象的身份识别与船舷离水面的高度识别两个问题。

目前我国已经制定了内河船名牌的管理条例, 要求每艘内河船舶必须悬挂船名牌, 这为识别船舶对象的身份提供了视频信息。

通过高速快球摄像装置对该船舶对象进行特写抓拍, 得到船体部分的图像以及船舷浮在水面上的高度识别结果如图 9 所示; 得到的船名牌部分的图像如图 10 所示。

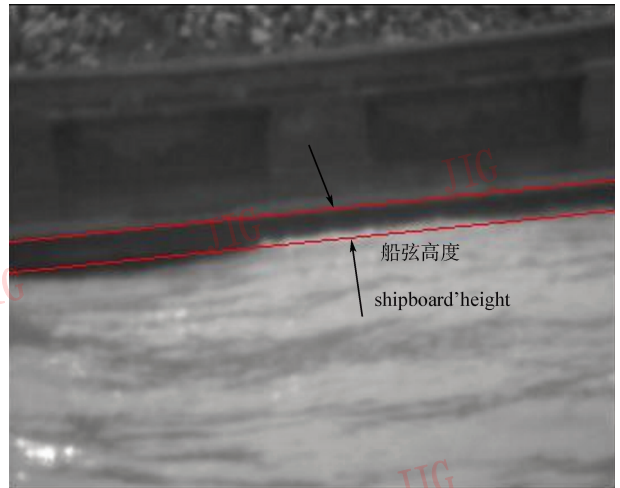


图 9 抓拍的船体图像以及船舷高度识别结果

Fig. 9 Captured ship body image and identification result of the shipboard height



图 10 抓拍的船名牌图像

Fig. 10 Captured ship license plate image

3.3.3 交通密度

交通密度是指在单位时间内单位面积水域内行驶的船舶艘数, 它反映出该水域内船舶的密集程度, 所以又称船舶密度。交通密度是一个重要的参数, 交通密度高的水域, 往往是事故多发地区, 自然也就是船舶交通研究和交通管理的重点。交通密度可以用下式(1)表示:

$$\rho = \frac{N}{WL} \quad (1)$$

式中, ρ 为某瞬间的交通密度, N 为船舶数, L 为观测航道的长度, W 为观测航道的宽度。

交通量、交通密度、速度等参数之间的关系式叫做交通流模型。交通流基本模型可用下式表示:

$$\rho = \frac{Q}{WV} \quad (2)$$

式中, ρ 为交通密度; Q 为交通量; V 为速度; W 为观测航道的宽度。

将观测航道的宽度、航道编码(视频观测点的位置信息)放在属性文件中,用户可以在属性定义界面上完成这些属性数据的输入。

由于本文中对所通过的船舶的航行速度进行了估算,并记录了每艘船舶经过该区域航向、时间等信息,因此小时的船舶航行平均速度可以用下式表示:

$$\begin{cases} \bar{V}(i)_{\text{up}} = \frac{1}{N} \sum_{n=i}^{n=i+1} V_{\text{up}} \\ \bar{V}(i)_{\text{down}} = \frac{1}{N} \sum_{n=i}^{n=i+1} V_{\text{down}} \\ \bar{V}(i) = \frac{1}{2}(\bar{V}(i)_{\text{up}} + \bar{V}(i)_{\text{down}}) \end{cases} \quad (3)$$

式中, i 为 0~23 之间的整数, $\bar{V}(i)_{\text{up}}$ 为某 i 小时内上行船舶的平均时速, $\bar{V}(i)_{\text{down}}$ 为某 i 小时内下行船舶的平均时速, $V(i)$ 为某 i 小时内上下行船舶的平均时速。根据式(2)可以计算得到小时的交通密度:

$$\begin{cases} \rho(i)_{\text{up}} = \frac{\bar{Q}(i)_{\text{up}}}{W\bar{V}(i)_{\text{up}}} \\ \rho(i)_{\text{down}} = \frac{\bar{Q}(i)_{\text{down}}}{W\bar{V}(i)_{\text{down}}} \\ \rho(i) = \frac{\bar{Q}(i)}{W\bar{V}(i)} \end{cases} \quad (4)$$

式中, i 为 0~23 之间的整数, $\rho(i)_{\text{up}}$ 为某 i 小时内上行航道交通密度, $\rho(i)_{\text{down}}$ 为某 i 小时内下行航道交通密度, $\rho(i)$ 为某 i 小时内航道交通密度。

在某一水域内,航道宽度是固定的。当确定交通流量与航行速度这 2 个参数后,应用式(4),可以推算出交通密度。但是上述所求的交通密度是一个统计平均值,并非是某瞬间的交通密度。日交通密度计算可用下式表示:

$$\begin{cases} \bar{\rho}(d)_{\text{up}} = \frac{1}{24} \sum_{i=0}^{i=23} \rho(i)_{\text{up}} \\ \bar{\rho}(d)_{\text{down}} = \frac{1}{24} \sum_{i=0}^{i=23} \rho(i)_{\text{down}} \\ \bar{\rho}(d) = \frac{1}{24} \sum_{i=0}^{i=23} \rho(i) \end{cases} \quad (5)$$

式中, $\bar{\rho}(d)_{\text{up}}$ 为某天内上行航道交通密度, $\bar{\rho}(d)_{\text{down}}$ 为某天内下行航道交通密度, $\bar{\rho}(d)$ 为某天内上下行航道交通密度。

统计月平均航道交通密度或年平均航道交通密度只要将某个月、某年中的每天上下行的航道交通密度进行统计累加然后除上相对应的天数就能得到。

4 实验结果及讨论

实验是在浙江省湖州市港航局大楼内实施的,实验装置安置在水上交通指挥中心 5 楼顶层上,距河道边缘大约 50m 处,视频采集帧数为 5fps。相应的系统主要硬件指标是, P4 3.0 以上/ INTEL845 以上的处理器一台, 120° 水平视角以上的广角摄像设备一台, 高速快速球摄像设备一台、工业专用图像采集卡一件。主要软件指标是,操作系统采用 WINDOWS XP、数据库采用 SQLserver、系统开发语言主要采用 JAVA(版本 1.5)和 C++、利用的组件主要为快速球的控制组件、图像处理组件以及 JAVA 中的一些基本组件。

采用最大熵阈值分割算法提取前景,得到了前景对象的二值图,在对象层处理中,首先对前景对象的连通区域面积阈值进行判定,如果判定结果是船舶就对视频图上的该区域标识一个矩形框;并将该船舶跟踪对象(图 6 中的矩形框)信息提交给目标颜色特征跟踪算法进行跟踪处理。实验结果表明,运用 Camshift 算法能实现对船舶的稳定跟踪,多目标的跟踪正确率在 97% 以上;运用检测线对流量、船舶速度进行估算与统计,检测准确率高;采用对船体图像上的离散点进行拟合得到船舷线和水面线来估算船舶船舷离水面的高度误差在 8% 以内;在船舶名牌号的定位检测与识别方面,只要能抓拍到包含有船舶名牌号的船舱图像,87% 都能识别,其中数字识别率 100%;但是由于船舶名牌号在跟踪船舶对象中的比例非常小且其悬挂位置的不确定等问题,导致了抓拍可识别的船舶名牌号的成功率只在 60% 左右,直接影响着后续的船舶跟踪对象身份识别。

另外,虽然在船舶船舷离水面的高度以及船舶名牌号识别时间在 6s 左右,但是在多目标的跟踪情况下要完成这两项识别会要求有更好处理能力的微处理器。将船体与包含船舶名牌号图像保留在一个文件夹内并与跟踪记录相关联,这样的处理方式使得在系统比较空闲的时候进行识别,解决了系统资源紧张的问题。

今后需进一步改进之处是,解决船舶遮挡问题,

由于广角摄像装置的视场角度是斜视向下,当两艘船舶靠近时会出现船舶遮挡现象,从而导致了抓拍图像的可靠性和正确性;由于采用了广角摄像装置,图像边缘部分变形严重,影响了标定的精度,对估算船舶航行速度以及指示高速快球抓拍的空间方位信息产生较大的误差;船舶名牌号的复杂汉字识别由于各种影响,识别率不高。对于船舶名牌号中复杂汉字识别今后准备采用一些先验知识,比如利用登记的船名牌号与地名等信息来提高识别率。

5 结 论

测量技术是信息技术的重要组成部分,是信息技术的源头。本文尝试对海量的视频数据进行及时和准确的分析和理解,为实时获取水上交通基本信息,在智能内河交通领域发挥重要作用。

本文提出的基于动态图像理解的内河航道智能监控系统,利用视频图像的直观性强、帧周期短、实时性好等优点,实现了对船舶的自动跟踪、分析、数据的自动采集与统计。可对交通状况做出更全面了解与把握,为内河水上交通指挥中心对水上交通进行调度提供决策依据。同时也为今后船舶的各种违章行为检测打下了良好的基础。

本文探讨的通过使用行为语义描述的理论构架来研究航道检测的方法,实现了对内河航道的实时智能视频监控,通过动态图像的理解处理能得到内河中的交通流量、载重量、船舶速度以及通航密度等重要基础交通数据,对内河的交通控制、交通管理、交通规划、航道网建设、执法管理,以及未来内河航道智能交通系统功能的实现都具有重要的理论意义和实用价值。

致 谢 本实验研究得到了浙江省港航局、湖州市港航局的配合与支持,对有关人员的鼎力帮助表示感谢!

参考文献 (References)

1 Fan Xing-nan, XU Li-zhong, SU Li-yuan. An intelligent tonnage-

- measuring system based on federated kalman filter [J]. *Computer Simulation*, 2006, **23**(4): 127 ~ 129. [范新南,徐立中,苏丽媛.基于联邦滤波技术的吨位智能测量系统[J].计算机仿真,2006, **23**(4): 127 ~ 129.]
- 2 Wang Wei, Li Zhi-peng, Liu Yun-cai. The realization of the detecting system of communication information real-time video [J]. *Micro-computer Applications*, 2006, **22**(9): 25 ~ 28. [王伟,李志鹏,刘允才.交通信息实时视频检测系统的实现[J].微型电脑应用,2006, **22**(9): 25 ~ 28.]
- 3 Harini Veeraraghavan, Nathaniel Bird, Stefan Atev, et al. Classifiers for driver activity monitoring [J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2007, **1**(15): 51 ~ 67.
- 4 Lu Hu-chuan, Zhu Kuang-jun. Video-based traffic flow parameters detection [J]. *Urban Transport*, 2005, **3**(2): 70 ~ 54. [卢湖川,朱矿军.基于视频的交通流参数检测[J].城市交通,2005, **3**(2): 70 ~ 54.]
- 5 Wang Wan-liang. *Artificial Intelligence and its Applications* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2005. [王万良著.人工智能及其应用[M].北京:高等教育出版社,2005.]
- 6 Mubarak Shah, Guest Introduction: The changing shape of computer vision in the twenty-first century [J]. *International Journal of Computer Vision*, 2002, **2**(50): 103 ~ 110.
- 7 Kojima A, Tamura T, Fukunaga K. Title: Natural language description of human activities from video images based on concept hierarchy of actions [J]. *International Journal of Computer Vision*, 2002, **2**(50): 171 ~ 184.
- 8 Makris D, Ellis T J. Learning semantic scene models from observing activity in visual surveillance [J]. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics—Part B*, 2005, **3**(35): 397 ~ 408.
- 9 Hu Wei-ming, Tan Tie-niu. A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors [J]. *IEEE Transactions on applications and reviews—Part C*, 2004, **3**(35): 334 ~ 352.
- 10 Pun T. Entropic thresholding: A new approach [J]. *Computer Graphics and Image Processing*, 1981, **3**(16): 210 ~ 239.
- 11 Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift [A]. In: *IEEE International Proceeding on Computer Vision and Pattern Recognition [C]*, Hilton Head Island, SC, USA, 2000, (2): 142 ~ 149.
- 12 John G. Allen, Richard YD Xu, Jesse S. Jin "object tracking using CamShift algorithm and multiple quantized feature spaces" [A], In: *Pan-Sydney Area Workshop on Visual Information Processing VIP2003 [C]*, Sydney, Australia, 2003: 1 ~ 5.
- 13 Zhang Guang-jun. *Machine Vision* [M]. Beijing: Science Press, 2005. [张广军.机器视觉[M].北京:科学出版社,2005.]