

基于概率速度场的实时船舶检测

曹雨龙 任明武 杨静宇 杨文杰

(南京理工大学计算机科学与工程系 603 教研室, 南京 210094)

摘要 为了准确及时获取船舶在船闸中的运动信息, 提出了一种基于概率速度场的实时检测船闸中船舶的方法. 该方法首先分析了船舶在船闸中运行的各种环境因素; 其次为了消除和减弱阴影和光斑的影响, 从监测图象灰度直方图中派生出一个高斯概率分布模型, 进而获取图象的概率场; 最后定义了一个基于光流计算的实时检测船舶的概率速度场. 该方法已成功地测试了大量通过三峡临时船闸和葛洲坝船闸的船舶序列图象.

关键词 图象序列 速度场 概率速度场 实时检测

中图分类号: TP391.4 U491.116 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2001)12-1220-05

On-line Ships Detecting Based on Probability Velocity Field

CAO Yu-long, REN Ming-wu, YANG Jing-yu, YANG Wen-jie

(Dept. of Computer Science and Engineering, Nanjing Science and Technology University, Nanjing 210094)

Abstract In the paper, an on-line ship detecting system based on the probability velocity field is presented. First all environment factors that ships go through the ship lock are analyzed, such as lighting, shading, waving and so on; Second, a Gaussian probability distribution model(probability field) is generated from gray-level histogram to diminish the affection of shades and speckles, since shades and speckles' gray-levels are distributed in both sides of gray level histogram, after histogram is fitted with the Gaussian distribution function, the probability of them is smaller than that of other gray-levels. Therefore a probability velocity field is defined and derived based on the optical flow to detect ships in lock on-line. The velocity field is calculated by the traditional optical flow estimation method using the probability of gray-levels, not the gray-levels. Finally the affection of shading and lighting is reduced greatly. The method has succeeded in testing a larger number of image sequences that ships pass through the temporary ship lock of the three gorges project(TGP) and ship lock of the Gezhou dam.

Keywords Image sequences, Velocity field, Probability velocity field, On-line detecting

0 引言

随着三峡工程的不断进展, 三峡工程通航指挥部对三峡五级联动船闸的自动控制已经做了大量的调研工作, 其中对每级船闸通过船舶的成功探测和检测是实现五级联动的关键. 若能将船舶误判率控制在1/100 000以内, 则船舶通过船闸的时间将大大缩短, 且船闸的安全性将进一步提高, 其所产生的社会和经济效益无疑是巨大的. 为此, 三峡工程通航指

挥部首先将船舶检测方法应用在葛洲坝船闸, 以验证其判断的准确性, 再在1998年5月通航的三峡临时船闸上, 进一步地验证该系统的可靠性, 最后将在2003年将其应用在三峡五级联动船闸上, 以确保三峡工程的船闸顺利通航.

船闸区可分为上闸首区(高水位), 闸室区和下闸首区(低水位), 图1为船闸区的平面示意图. 为了保证能观察闸室区在高水位和低水位时船舶的状态以及船舶进出闸首区的状况, 可在上、下闸首区各放置两台 CCD 摄像机, 其中一台 CCD 摄像机对准闸

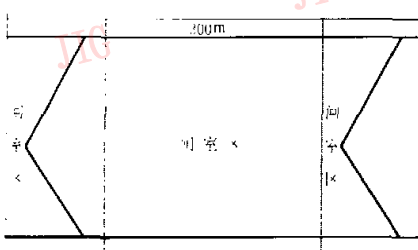


图 1 船闸平面示意图

门区(广角和自动光圈),另一台摄像机对准闸室区(长焦和自动光圈),摄像机放置情况如图 2 所示,然后检测和监控系统就能根据船闸状态来选择相应的摄像机,以获取相应区域的图象序列.

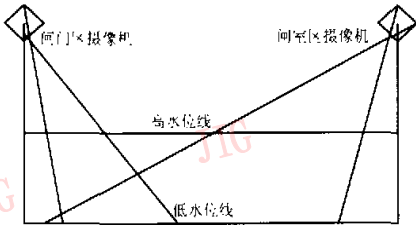


图 2 摄像机位置图

另外,探测和检测系统必须考虑下列可通行的情况:(1)天气变化(晴天,阴天,小雨,中雨,小雾和大风等);(2)灯光情况(船闸两侧照明,船闸两头照明和船舶探照灯等);天气变化和灯光情况形成下列 4 类较难判别的影象(见图 3):

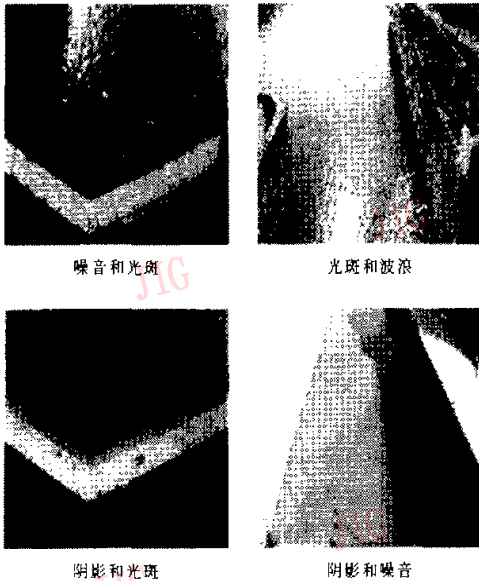


图 3 影象类型

(1) 阴影影象 其一是由阳光和船闸两侧的建筑造成的,这部分影象随着季节和时间而变化,且阴影影象在图象中的分界线较明显;其二是由灯光的投影造成的,这部分影象虽然较为固定,但灯光阴影影象在图象序列中位置稍有变化;其三是船舶阴影.

(2) 波浪影象 其主要由大风和船舶运动引起,有时波浪受到阳光的照射,图象上出现许多小亮点.

(3) 光斑影象 当阳光较强烈时,在图象中它代表远处目标的位置或在阳光直射波浪时,在图象中代表波浪的位置.

(4) 噪音影象 当出现下雨和起雾的天气时,在图象中会出现颗粒状和块状的噪音.

应用基于时空强度微分的基本光流方法来获取和估计块(目标)运动或速度场,可用于对船闸中的船舶进行检测;但是研究发现,由于天气变化和灯光情况等因素影响,速度场并不能准确地表示船舶的运动,这就造成探测和检测系统的部分误判.鉴于此,为了消除和减弱各种阴影和光斑的影响,提出了一种从灰度直方图中派生出一个高斯概率分布模型,并赋予图象序列中的每个象素或块各自的概率值的方法.因为在一般情况下,由于阴影和光斑象素的概率值比正常的灰度的概率值要小得多.若同样块中阴影或光斑的象素越多,则该块的概率值越小,因此可首先通过平均块中所有象素的概率值来获得概率场;然后再利用概率场来直接计算概率速度场;最后再利用概率速度场来选择较大概率值或速度幅值的块,用以检测图象序列中的运动块.由于该方法不仅能获取运动块的大小和位置,而且能得到运动块的方向,因此该方法既能检测船舶是否在船闸的禁停线上,又能及时判别航道(包括闸门区,闸室区)内是否有船舶.

1 概率速度场

1.1 概率场

众所周知,图象序列中的阴影常表现为黑色,即它们出现在直方图的低值区.相反,图象序列中的光斑常表现为白色,即它们出现在直方图的高值区.不管是阴影,还是光斑,均影响正常速度场计算的准确性,为了消除和减弱这种影响,提出了一个从灰度直方图派生的高斯概率分布模型.

设 $H(x)$ 为图象的直方图(见图 4), $H(i)$ 是灰度 i 的概率, δ_{ii} 和 m_{ii} 分别是直方图的均方差和均

值,则高斯概率分布模型 $G(t)$ 为

$$G(t) = \frac{1}{2\pi\sigma_u^2} e^{-\frac{u - \mu_u}{\sigma_u}^2} \quad (1)$$

此时,每个像素或块的值不再是灰度,而是表示了目标在此像素或块中存在的概率,其中一幅图象的高

斯概率分布曲线见图 4(c), 图象的概率场可按下式导出

$$P(x, y) = G(I(x, y)) \quad (2)$$

其中, $I(x, y)$ 是原始图象, $P(x, y)$ 是原始图象的概率场。

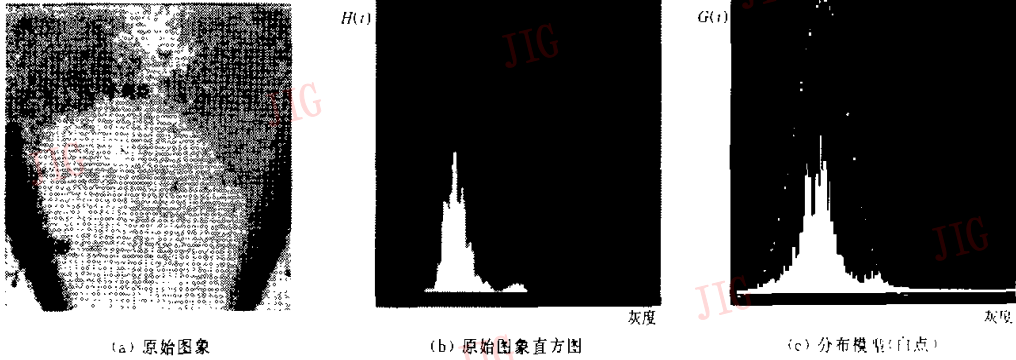


图1 高斯概率分布模型

1.2 概率速度场

目前有两种获取概率速度场的方法,其中,方法1的概率速度场是速度场与概率场之积;方法2则与速度场估计的方法类似. 设 $X=(x, y)$ 是概率场 $P(x, y)$ 在 t 时刻图象中部分像素的位置. 应用 Horn 和 Schunck 平滑性准则来确定概率速度矢量, 其迭代方程的获取如下:

设 $X=(x, y)$ 是景物在 t 时刻图象中像素的位置, $U=(u, v)$ 是该像素的速度矢量在图象平面上的投影. 经过时间 Δt , 像素将从 X 移至新位置 $X-U\Delta t$. 然后由概率(灰度)守恒假设可得

$$P(X, t) = P(X - U\Delta t, t + \Delta t) \quad (3)$$

假定时间间隔足够小,由泰勒级数可推导出下述方程:

$$\frac{\partial P}{\partial x}u + \frac{\partial P}{\partial y}v + \frac{\partial P}{\partial t} = 0, \text{ 即 } P_x u + P_y v + P_t = 0 \quad (4)$$

在刚体情况下,由于刚体相邻点的运动是相似的,即它们的速度变化非常小,因此就形成了一个相当平滑的速度场, Horn 和 Schunck 等首先构造了这种假设,并将它用于计算速度场^[1~8]. 这里使用概率速度场梯度幅值的平方来作为运动场的平滑度(或更确切的,非光滑度)的测量,即

$$\left[\frac{\partial u}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial u}{\partial y} \right]^2 \text{ 和 } \left[\frac{\partial v}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial v}{\partial y} \right]^2 \quad (5)$$

式(4)和式(5)两部分在图象上的加权和可表示成式(6),并将其最小化,即得

$$\epsilon^2 = \iint \left[(P_x u + P_y v + P_t)^2 + \alpha^2 \left(\left[\frac{\partial u}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial u}{\partial y} \right]^2 + \left[\frac{\partial v}{\partial x} \right]^2 + \left[\frac{\partial v}{\partial y} \right]^2 \right) \right] dx dy \quad (6)$$

利用变分法,则最优概率速度场在整个图象平面上满足下列方程

$$\begin{cases} P_x^2 u + P_y P_x v = \alpha^2 \nabla^2 u - P_x P_t \\ P_x P_y u + P_y^2 v = \alpha^2 \nabla^2 v - P_y P_t \end{cases} \quad (7)$$

式中, $\nabla^2 u \approx \bar{u} - u$, $\nabla^2 v \approx \bar{v} - v$, 其中, \bar{u} 和 \bar{v} 分别是 u 和 v 的平均值. 从式(7)可直接获得

$$\begin{cases} u^{n+1} = \bar{u} - P_x (P_x \bar{u} + P_y \bar{v} + P_t) / (\alpha^2 - P_x^2 + P_t^2) \\ v^{n+1} = \bar{v} - P_y (P_x \bar{u} + P_y \bar{v} + P_t) / (\alpha^2 - P_y^2 + P_t^2) \end{cases} \quad (8)$$

其中, \bar{u}^n 和 \bar{v}^n 分别是 u^n 和 v^n 的平均值, n 是迭代次数.

2 应用和结论

如今,概率速度场已用于三峡临时船闸的船舶实时检测系统. 图5是船舶通过船闸闸门的图象序列.

图6(a)是上述图象序列的标准速度场,图6(b)表示同一图象序列的概率速度场. 由图6(b)可见,图上光斑的影响已明显地减少.

虽然概率速度场可以极大地削弱阴影和光斑对船舶探测和检测的影响,但为了能及时准确地检测到航道上的船舶,保证闸门和闸室的安全,必须采用一些对阴影和光斑不敏感的传感器,如激光扫描仪

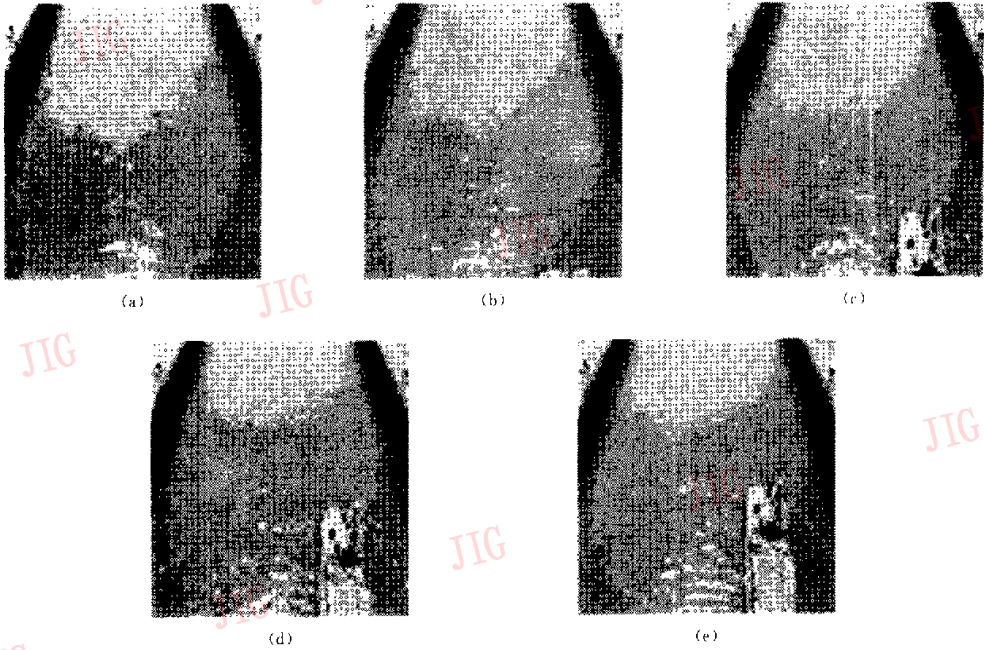


图 5 船舶通过闸门的图象序列

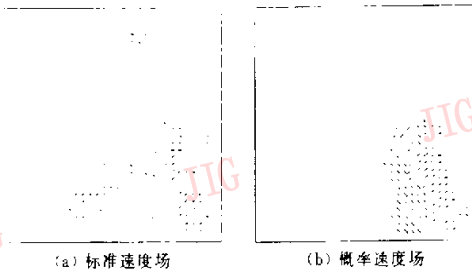


图 6 速度场的比较

等,以便发挥不同传感器的优点,克服各自的缺点,并需采用适当的数据融合策略,使得检测系统能实时和全天候地探测航道上任何目标,以确保航道的安全和畅通。

参 考 文 献

- 1 Horn B K P, Schunck B G. Determining optical flow [J]. Artificial Intelligence, 1981,17:185~203.
- 2 Schnorr C. Computation of discontinuous optical flow by domain decomposition [J]. IEEE Trans. PAMI, 1992,8(2):153~165.
- 3 Verrri A, Poggio T. Against quantitative optical flow [A]. In: Proceedings of First International Conference on Computer Vision [C], London, 1987:171~180.
- 4 Barron J L, Fleet D J, Beauchemin S S. Performance of optical flow techniques [J]. International Journal of Computer Vision, 1991,12(2):43~77.

- 5 Bruss A R, Horn B K P. Passive navigation [J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1983,21:3~20.
- 6 Campani M, Verrri A. Computing optical flow from an overconstrained system of linear algebraic equations [A]. In: Proceedings of the Third International Conference on Computer Vision ICCV'90[C], Osaka, Japan, 1990:22~26.
- 7 Aisbett J. Optical flow with intensity-weighted smoothing [J]. IEEE Trans. PAMI, 1989,11(5):512~522.
- 8 Fleet D J, Langley K. Toward real-time optical flow [A]. In: Proceedings of Conference on Vision Interface [C], Toronto, Canada, 1993:116~124.



曹雨龙 1965年生,副教授,主要研究方向为模式识别、智能控制和图象处理等。



任明武 1969年生,1994年获南京理工大学计算机系硕士学位,2001年获南京理工大学博士学位,南京理工大学计算机系讲师,主要研究方向有数字图象处理、计算机视觉、图象编码与压缩。



杨静宇 1941年生,博士生导师,主要研究方向为人工智能、模式识别和神经网络等。



杨文杰 1977年生,硕士研究生,主要研究方向为数字图象处理。

第二届全国虚拟现实与可视化学术会议(CVRV'2002)

征文通知

中国计算机学会虚拟现实与可视化专委会和中国图象图形学学会虚拟现实专委会将联合举办国内虚拟现实与可视化学术会议。会议定于2002年4月7~8日在杭州召开,由杭州电子工业学院和浙江大学CAD&CG国家重点实验室联合承办,该会将在“虚拟现实及其应用”高级研讨班[2002年4月8~9日]和第三届“虚拟现实及其在工业中的应用”国际会议VRAI'2002[2002年4月10~12日](<http://www.cad.zju.edu.cn/VRAI2002>)之前举行,会议将以“虚拟现实和可视化技术发展及应用”为主题,开展广泛的学术交流和讨论。会议将特邀著名国内外学者和专家就虚拟现实及可视化的最新动态和热点问题作专题讲演和报告,欢迎从事相关科研、教学、工程、开发及推广应用的研究开发人员参加。

一、征文范围

VR系统结构	基于图象的绘制	几何压缩	模型简化和多分辨率造型	图形实时生成和绘制
行为建模和仿真	交互技术和设备	多通道用户界面	VR中的心理学	增强现实(AR)
智能虚拟环境	分布式VR	协同式VR	计算机动画	VR应用
面向电子商务的VR技术	Web-3D	虚拟企业/社区	VR游戏	虚拟设计和虚拟制造
虚拟人体及应用	建模技术	多媒体技术	地理信息系统	可视化技术
三维立体声绘制	智能虚拟环境	人工生命	信息获取和可视化	数字城市

二、征文要求及有关事项

- 稿件应反映在虚拟现实及可视化的理论、模型、技术、产品或应用成果,并未曾在其它会议及国内公开刊物上发表过。
- 经会议程序委员会评审录用的论文将收入大会论文集,会后部分优秀论文将推荐到《软件学报》、《计算机学报》、《计算机研究与发展》、《计算机辅助设计和图形学学报》、《中国图像图形学报》和《系统仿真学报》正式发表。
- 文稿请按Word格式排版,接受电子投稿和正常打印投稿(附光盘),凡经录用论文,将按统一规格排版印刷。
- 重要日期:

征文截止日期:2002年2月1日;录取通知日期:2002年3月1日;照相版论文截止日期:2002年3月15日

5. 来稿请寄:

(1) cvrv2002@cad.zju.edu.cn (电子版)

(2) 杭州 310027, 浙江大学CAD&CG国家重点实验室 潘志庚,刘晟收(打印文稿,一式三份,注明:CVRV'2002会议论文)

三、产品展示

会议期间将举办图像图形、可视化及虚拟现实产品展示会、新产品发布会和专题技术报告会,欢迎有关厂家、公司报名参展,请参展单位来函来电联系。

参展报名截止日期:2001年2月1日

联系人:潘志庚 浙江大学CAD&CG国家重点实验室(杭州 310027)

电话:0571-87951045,87951780 13957182360 传真:0571-87951780 电子邮件:pzg@cad.zju.edu.cn

万健 杭州电子工业学院计算机学院(杭州 310037)

电话:0571-88809321 13958085627 传真:0571-88077232 电子邮件:wanjian@mail.hz.zj.cn

四、会议网址和电子邮件地址

<http://www.cad.zju.edu.cn/CVRV2002>; <http://www.hzjee.edu.cn/CVRV2002>; E-mail: cvrv2002@cad.zju.edu.cn