



JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2013
12
VOL.18

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



图像分割 P1610



第18卷第12期（总第212期）

2013年12月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

2013 all rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@irsa.ac.cn

电 话 010-64807995

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司

（邮政信箱：北京399信箱 邮编：100048）

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@irsa.ac.cn

Telephone 010-64807995

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China))

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

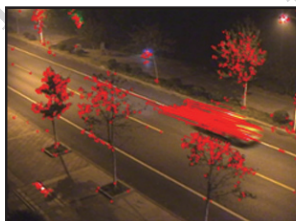
ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

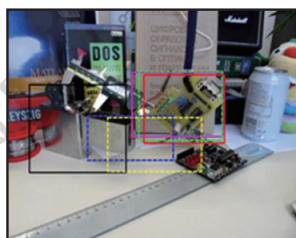
国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

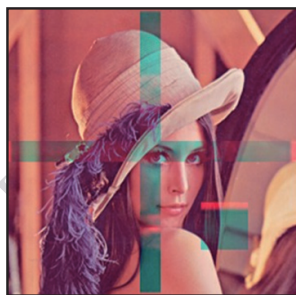
国内定价 50.00元



稀疏光流快速计算的动态目标
检测与跟踪(第1593页)



字典学习联合粒子滤波鲁棒跟踪
(第1628页)



结合SURF特征的多功能彩色
图像水印算法(第1694页)

图像处理和编码

小波子带最优方向性选择和压缩感知的图像编解码

王相海, 程露露, 周夏, 宋传鸣

1551

基于位平面和HVS的信息隐藏算法

张海涛, 姚雪, 陈虹宇, 张晔

1559

混沌密钥调制DFRFT旋转因子的视频加密

金建国, 王乐, 魏明军, 苏晶晶

1567

图像分析和识别

PCA-NLM的纺织品缺陷检测

杨学志, 左海琴, 陈远, 吴克伟, 谢昭

1574

基于主动表观模型姿态矫正和局部加权匹配人脸识别

赵恒, 俞鹏

1582

指纹拓扑模式构建及其在识别中的应用

仲伟波, 吕园, 李敏敏

1587

稀疏光流快速计算的动态目标检测与跟踪

陈添丁, 胡鉴, 吴涛

1593

边缘与灰度检测相结合的场景图像文本定位

何立强, 刘浩, 陈永

1601

Mean Shift图像分割算法的并行化

李宏益, 吴素萍

1610

混合高斯模型的自适应前景提取

李百惠, 杨庚

1620

字典学习联合粒子滤波鲁棒跟踪

查绎, 曹铁勇, 黄辉, 潘竟峰, 尤峻

1628

图像理解和计算机视觉

仿生复眼式全景探测及跟踪策略

罗超, 赵美蓉, 王东, 曹克雄

1637

医学图像处理

利用感兴趣区域从脑部MRI中提取脑组织

江少锋, 万红平, 陈震, 杨素华

1644

“第十届全国智能CAD与数字娱乐会议”专栏

基于Hermite插值的网格拼接和融合

缪永伟, 林海斌, 寿华好

1651

计算机生成中国传统祥云动画

方建文, 彭初, 于金辉

1660

森林动态演替现象的可视化模拟

单梁, 杨刚, 黄心渊

1666

多特征证据理论融合的视觉词典构建

沈项军, 高海迪, 曾兰玲, 毛启容, 詹永照

1676

轨迹和多标签超图配对融合的视频复杂事件检测

柯佳, 詹永照, 陈潇君, 汪满容

1684

结合SURF特征的多功能彩色图像水印算法

朱光, 师文, 朱学芳, 郝世博

1694

采用邻域直方图匹配的矢量纹理图案合成

徐婵婵, 杨刚

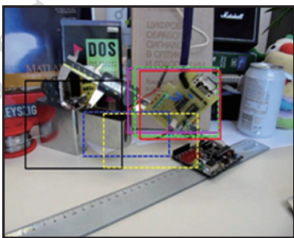
1703

CONTENTS

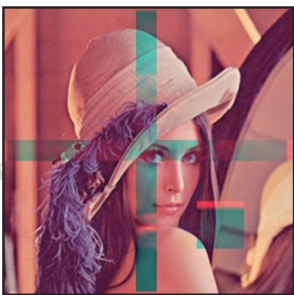
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Dynamic target detection and tracking based on fast computation using sparse optical flow (P1593)



Object tracking based on learning a dictionary joint practical filter(P1628)



Multi-purpose watermark algorithm of color images based on SURF(P1694)

Image Processing and Coding

Image codec research on the optimum directional selection of wavelet sub-band and compressed sensing

Wang Xianghai, Cheng Lulu, Zhou Xia, Song Chuanming 1551

Research of information hiding algorithm based on bit-plane and HVS

Zhang Haitao, Yao Xue, Chen Hongyu, Zhang Ye 1559

Video encryption based on chaotic key modulating DFRFT rotation factor

Jin Jianguo, Wang Le, Wei Mingjun, Su Jingjing 1567

Image Analysis and Recognition

Fabric defect detection based on PCA-NLM

Yang Xuezhi, Zuo Haiqin, Chen Yuan, Wu Kewei, Xie Zhao 1574

AAM-based alignment and local weighted matching method for face recognition

Zhao Heng, Yu Peng 1582

Fingerprint topological pattern construction and its application in recognition

Zhong Weibo, Lyu Yuan, Li Minmin 1587

Dynamic target detection and tracking based on fast computation using sparse optical flow

Chen Tianding, Hu Jian, Wu Di 1593

Text extraction from scene image based on edge and gray-scale detection collaboration

He Liqiang, Liu Hao, Chen Yong 1601

Parallelization of Mean Shift image segmentation algorithm

Li Hongyi, Wu Suping 1610

Adaptive foreground detection approach of Gaussian mixture model

Li Baihui, Yang Geng 1620

Object tracking based on learning a dictionary joint practical filter

Zha Yi, Cao Tiejong, Huang Hui, Pan Jingfeng, You Jun 1628

Image Understanding and Computer Vision

Bionic compound eye panoramic detection and tracking strategy

Luo Chao, Zhao Meirong, Wang Dong, Cao Kexiong 1637

Medical Image Processing

Automatic brain extraction from cerebral MRI volume using region of interest

Jiang Shaofeng, Wan Hongping, Chen Zhen, Yang Suhua 1644

Issum of CIDE' 2013

Mesh stitching and fusion based on Hermite interpolation scheme

Miao Yongwei, Lin Haibin, Shou Huahao 1651

Computer generation of cloud animation with a Chinese traditional style

Fang Jianwen, Peng Ren, Yu Jinhui 1660

Simulation of the dynamic evolution of spatial distribution of trees in the forest

Shan Liang, Yang Gang, Huang Xinyuan 1666

Visual dictionary construction method based on dempster-shafer evidence theory

Shen Xiangjun, Gao Haidi, Zeng Lanling, Mao Qirong, Zhan Yongzhao 1676

The video complex event detection method of matching integration between trajectory and multi-label hypergraphs

Ke Jia, Zhan Yongzhao, Chen Xiaojun, Wang Manrong 1684

Multi-purpose watermark algorithm of color images based on SURF

Zhu Guang, Shi Wen, Zhu Xuefang, Hao Shibao 1694

Vector texture pattern synthesis based on neighborhood histogram matching

Xu Chanchan, Yang Gang 1703

中图法分类号: TP391.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)12-1637-07

论文引用格式: 罗超, 赵美蓉, 王东, 曹克雄. 仿生复眼式全景探测及跟踪策略[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(12): 1637-1643. [DOI: 10.11834/jlg.20131212]

仿生复眼式全景探测及跟踪策略

罗超, 赵美蓉, 王东, 曹克雄

天津大学精密测试技术及仪器国家重点实验室, 天津 300072

摘要: 为解决传统相机不能在全景范围内快速连续跟踪运动物体的弊端, 提出一种仿生复眼式全景探测思想, 以及配套的跟踪策略。在硬件方面, 采用多个子眼相机进行全景实时探测, 中心采用一个大孔径主眼相机, 并且将其安装于云台之上, 通过云台控制器进行精确定位。在软件方面, 采用自动加窗采集的思想, 对于运动区域的图像进行多层窗口采集, 非运动区域则减少窗口层数, 然后用高斯运动模型算法对采集的图像进行处理。此外, 在重叠区采用的是仿生复眼的侧抑制的检测方法, 从而得到比较清晰的运动目标轮廓。按照本文软硬件设计思想, 搭建实际实验装置, 并进行重复性实验。由于实时探测特点, 本文方法结合加窗采集和侧抑制算法相结合的思想, 相比传统相机的跟踪效果, 在视场和灵敏度上得到了很大的提高。

关键词: 全景探测; 背景差分; 运动检测; 侧抑制

Bionic compound eye panoramic detection and tracking strategy

Luo Chao, Zhao Meirong, Wang Dong, Cao Kexiong

The State Key Laboratory of Precision Measuring Technology & Instruments, Tianjin University, Tianjin 300072, China

Abstract: To solve the disadvantages that a traditional camera cannot track moving objects in panoramic range, this paper presents an idea about bionic compound eye panoramic detection and a related tracking strategy. On the hardware side, we use multiple sub-eye cameras to detect the whole field of view in real-time, while the center of sub-eye cameras is a large-aperture dominant eye cameras which is installed on the pan tilt and located precisely by a pan tilt controller that receives different codes. On the software side, we present an idea about automatic windowing collection. Multiple layers of windows are collected from the image of the movement area, while non-sport areas have fewer layers windows. Then, we use the method of the Gaussian model to detect the moving object. The detection method is using lateral inhibition in the overlap area to obtain the clear moving object silhouette. In accordance with the above ideas on the hardware and software sides, we build the actual experimental device, and do experiments repeatedly. Compared to the traditional camera's tracking performance, this camera has some characteristics are that the real-time detection and the combination of the windowing acquisition and lateral inhibition, so we obtain a greatly improvement in the field of view and sensitivity.

Key words: panoramic detection; background subtraction; motion detection; lateral inhibition

收稿日期: 2012-11-13; 修回日期: 2013-05-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(51175377); 天津市自然科学基金项目(12JCQNJC02700)

第一作者简介: 罗超(1986—), 男, 2013年于天津大学获仪器科学与技术专业硕士学位, 主要研究方向为计算机视觉及图像处理。E-mail:

luochaog66666@163.com

0 引言

基于仿生学的复眼视觉理论近年来发展迅速,是集机械学、生物学、光电子学和信息学等多学科为一体的前沿领域。由于昆虫复眼具有大视野并且具有对运动物体反应敏感的优势,例如蜜蜂反应时间约 0.01 s,而人眼需要 0.05 s^[1-2],因此复眼技术也被广泛用于各种探测器及传感器的研制^[3]。20 世纪 50、60 年代,德国生物控制论研究所创始人 Reichardt 教授和 Hanssentein 教授根据昆虫生理学特征开创性地提出了 EMD(基于视动反应的初级检测器)模型^[4-5]。同样在监控行业,传统的监控摄像头的视场角有限,只能看到摄像头前方很少部分的场景,无法实现全景 360°不间断监控,因此必须依赖安装多路摄像头来覆盖监控区域,不但摄像头和安装成本大大增加,录像显示等设备的成本也随着摄像头路数的增加而大大增加。而德国科学家成功利用球形人工复眼实现实时图像捕捉,从而为复眼大视场探测捕捉打下良好基础^[6]。

国际上,Duparre^[7]带领的德国研究小组研制出了球面人工复眼全景图像采集系统,该系统基本结构为一个曲面球壳,球壳上密布多个通道,每个通道对应一个透镜和金属孔洞,该系统基本可以达到全景成像,但其缺点是由于各个通道的成像必须映射到平面探测器上,这就导致了边缘透镜成像质量大大下降,不利于运动目标的检测,降低了检测的灵敏度,如果考虑采用曲面探测器去提高边缘透镜的成像质量,则曲面探测器在加工难度便会加大。所以该球面人工复眼系统的跟踪灵敏度较差。美国德克萨斯理工大学研制的并列型复眼跟踪系统,采用透镜和光纤结合,并且每个子眼没有重叠区,该系统可以通过每个子眼图像计算出运动目标的运动速度,当目标位置发生变化时,物体被不同的子眼捕捉到,从而求出线速度和角速度,但是缺点在于当运动目标直线运动时,就不能判断物体运动的线速度和角速度了,因为相邻子眼间没有重叠区,这样,在运动目标直线运动情况下就不能达到连续跟踪功能。国内目前已有可实现自动跟踪的高速球机产品,如天津亚安科技有限公司产出一款 YQ5202 型号的大视场跟踪探测球机,采用主相机和一个鱼镜头相机达到 210°的探测。此系统中鱼镜头作为定点探测(相当于子眼),视场角为 180°,整个探测速度需

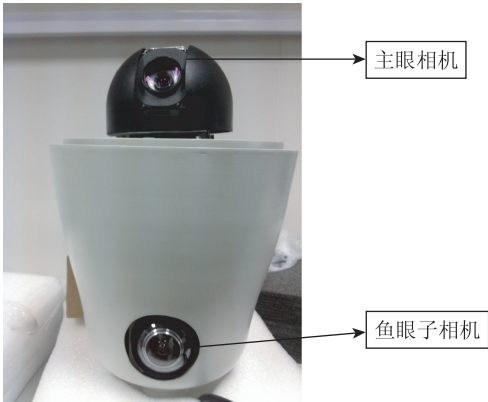
要 0.1 s,但仍然不能达到 360°的全视场,并且运动目标速度较快时容易跟丢目标,同时跟踪算法实现的探测速度较慢。

另外天地伟业公司 TC-D26XX-T 型号的高速跟踪球机产品,对于出现在摄像头内的移动目标,可由高速云台进行跟踪直至目标消失,但是缺点在于不能全视场实时跟踪和连续跟踪。所谓连续跟踪是指当目标由于速度过快从主眼图像消失后,主眼能够重新快速定位丢失的运动目标。

为此,提出全景式复眼连续探测自动跟踪的方法,采用 5 个子眼像差较小的小相机拼成一个 360°全视场,这样大大增加了视场,能够采集不同方位的图像,进行运动目标的实时探测,同时采用全局低速采集和局部高速采集图像的方式,可以缩短探测所用算法时间,提高灵敏度。此系统只需将整个画面分割成若干小区域,类似于昆虫的复眼,对每个区域进行数学建模,即可完成实时自动检测,检测精度高,计算复杂度低,算法简单,易于实现^[8]。本文将重点研究全视场运动目标探测过程,并且针对提高探测灵敏度和精度提出策略,特别是在重叠区域采用侧抑制原理提高定位精度和探测速度。如图 1(a)为亚安型号 YQ5202 的跟踪产品,该产品定点无法达到全视场,最大 210°,且跟踪效率低,图 1(b)为本文仿生复眼跟踪系统实物装置,该装置定点可以达到 360°全视场,且采用本文算法有较高的探测跟踪效率即灵敏度。

1 系统总体结构框架及工作流程

全景跟踪视觉系统主要由 5 个小孔径摄像机和一个大孔径相机、水平和俯仰转动的云台、Arm9 处理器以及外围电路、计算机、图像处理软件组成,本文系统的结构示意图如图 2 所示,5 个小相机排布在直径为 22 cm 的圆环外侧,以 CCD 为光电转换器件,分辨率为 704 × 576。小相机的视场角为 90°,镜头焦距为 3.6 mm,整个视场被扩展成 360°,类似于昆虫复眼,每个相机视场重叠率大约为 6%,在圆环中间固定一台大孔径相机,大孔径相机镜头的视场角为 45°,用于百万像素的高分辨率定位。小孔径相机用于低分辨率探测和局部高分辨率探测,再由大孔径相机高精度跟踪,位于圆环外侧的 5 个相机在初始状态下先进行全局亚采样频率进行采集,采集到的数据为视频信号,然后经过 MV-1528 图像采



(a) 亚安公司型号YQ5202大视场鱼眼探测跟踪产品实物



(b) 本文全景式仿生复眼视觉探测跟踪系统实物装置

图 1 全景式仿生复眼视觉探测跟踪系统装置
与亚安公司型号 YQ5202 大视场鱼眼探测跟踪产品实物
Fig. 1 Contrast by panoramic bionic compound eye vision
detection and tracking system device
and Yaan model YQ5202 product

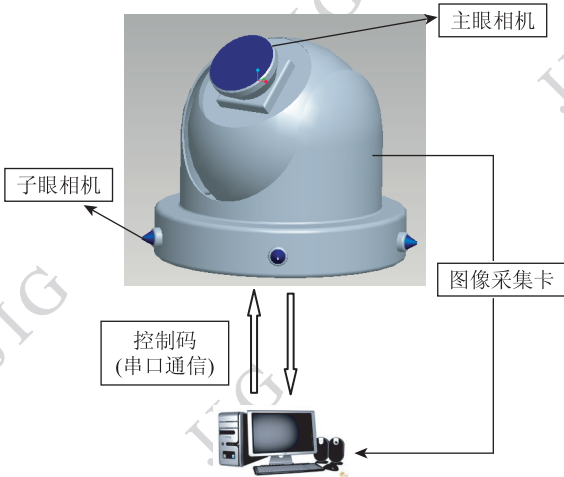


图 2 全景式仿生复眼视觉探测跟踪系统结构示意图
Fig. 2 The system device's structure diagram

集卡进行 A/D 转换, 传输至计算机内存, 利用图像处理软件进行目标检测处理。并且选用不同的采集策略: 在非重叠区采用高斯背景模型下的差分方法进行目标检测; 重叠区采用侧抑制算法进行目标检

测。同时子相机和主相机的通信采用派尔高 D 协议。另外在总体探测上, 对于突然出现的高速运动目标, 当发现运动目标大概位置后, 马上采用全采样, 也就是增加窗口层数, 恢复原来的采样频率。图 3 给出了全视场探测的流程。

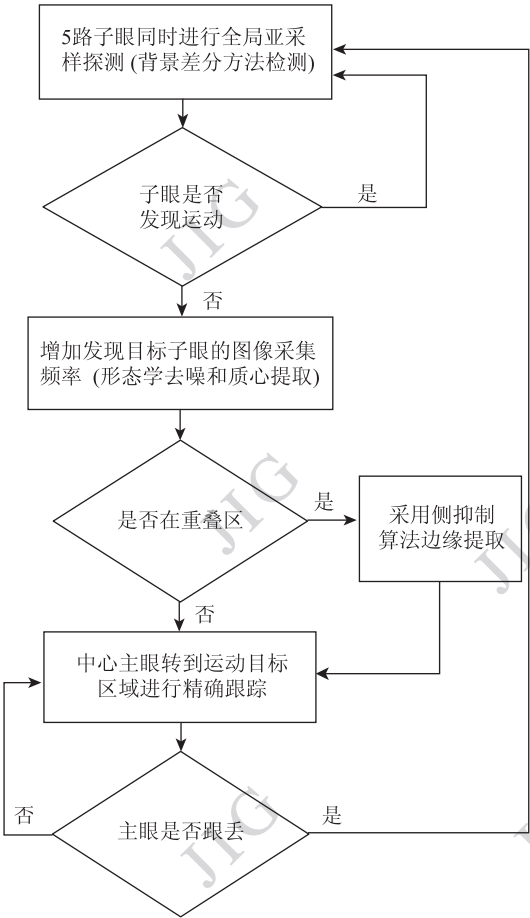


图 3 全视场探测的策略流程图
Fig. 3 Full field detection strategy flow chart

2 复眼全视场探测跟踪非重叠区图像算法

2.1 子眼自适应式高斯背景差分法

子眼全局低速采集图像后, 需要进行背景差分目标初级检测, 而背景差分的模型的建立至关重要, 常见的建模方式有均值法、帧间法等。检查目标提取处理技术有背景差法和帧间差法^[9-10], 采用自适应式高斯背景模型, 然后进行差分得到前景目标, 同时更新自适应背景模型。

在此可以假设背景的缓慢变化符合一个随机概率分布, 利用该概率分布可以得到一个比较好

的背景模型,但是为了避免光线变化缓慢的时候出现的不可预测性,采用一种子眼自适应式高斯背景模型,以适应在不同的环境变化下也能得到一个比较好的背景估计。高斯分布背景建模就是假设图像序列在时域中某点的像素值 $f(x,y)$ 的变化符合高斯分布,对场景中的每个像素点建立高斯模型,对新来的帧进行高斯模型的拟合来提取背景图像。高斯自适应式背景建模主要是利用当前帧进行背景初始化,然后在检测过程中,利用新来的帧对背景进行适当的更新,这样使得算法具有自适应性。

高斯背景模型概率分布为

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (1)$$

式中, μ 为均值, σ 为标准差。高斯背景模型是对每个像素点建立一个高斯概率分布。用 $\eta(\mu, \sigma^2)$ 表示,设 k 帧图像点的像素值为 $f_k(x,y)$ 。

1) 背景图像初始化

$$\mu_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N f_k(x,y) \quad (2)$$

$$\sigma_0^2(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (f_k(x,y) - \mu_0(x,y))^2 \quad (3)$$

式中, μ_0, σ_0^2 为某点初始化背景估计的均值和方差。 N 为所选取的帧数, N 应该取值适当,不宜过大,在此可以取适宜值 $N=5$ 。

2) 背景图像更新

采用对子眼获取的图像自适应背景更新的方法,对于动态环境具有很好的适应性。建立背景模型后,用当前帧减去背景模型,得到一个差值图像,此时需要设定阈值,如果大于该阈值则认为是运动目标,如果小于阈值则认为是背景。即对于每点像素来说,如果

$$|f_k(x,y) - f_{k-1}(x,y)| \geq Th \quad (4)$$

则该像素点为运动目标,如果

$$\mu_k(x,y) = \mu_{k-1}(x,y) \quad (5)$$

$$\sigma_k^2 = \sigma_{k-1}^2 \quad (6)$$

$$|f_k(x,y) - f_{k-1}(x,y)| < Th \quad (7)$$

则该像素点为背景点。然后,需要对背景进行更新,更新法则为

$$\mu_k(x,y) = (1-\alpha)\mu_{k-1}(x,y) + \alpha I_k(x,y) \quad (8)$$

$$\sigma_k^2(x,y) = (1-\alpha)\sigma_{k-1}^2(x,y) + \alpha(f_k(x,y) - \mu_k(x,y))^2 \quad (9)$$

式中, $I_k(x,y)$ 为第 k 帧图像某点处的像素值, α 为背景更新率, $0 < \alpha < 1$ 。 α 越小更新越慢,需要较长

的时间才可以适应背景; α 越大更新越快,就容易引进噪声。所以应该取合适的 α 值,本文 α 取0.5。

α 满足概率分布,即

$$\alpha = A \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{k-1}} \exp\left\{-\frac{(f_k(x,y) - \mu_{k-1})^2}{2}\right\} \quad (10)$$

式中, A 为调制因子。这样就使得背景可以自适应地按照一定的统计规律进行自动更新,而不是简单的求平均,可以自适应建立背景模型,图4为全视场探测的图像处理软件系统显示图,左侧5幅图像为5个子眼分别利用亚采样图像使用高斯背景下背景差分后得到的图像,黑色表示此时无运动目标出现,白色像素表示检测到的运动目标,并且做了形态学处理,如图4的实验结果可以看出4号子眼检测到了运动目标且不在主眼视场范围内,并且出现在非重叠区,白色像素即为运动区域4号子眼相机的第96帧出现运动目标,同时该子眼采样频率提高,主眼相机图像内此时没有运动目标。而图5表示主眼相机接收到4号子眼的通信控制信号后,迅速转到运动目标出现的区域。图5的右侧大矩形区域显示的是主眼转到运动目标区域后的一帧图像,4号子眼相机的第100帧,主眼相机转到运动目标处,使得运动目标出现在了主



图4 4号子眼出现运动目标

Fig. 4 The moving target is appearing in the 4th subeye



图5 主眼转到4号子眼发现目标的区域

Fig. 5 The main eye goes to the 4th sub-eye to find the target

眼相机图像范围内。在整个探测过程中除了利用子眼达到了一种全景跟踪的效果,在灵敏度上也有所提高,这主要取决于在软件的图像采集模块区域采用了加窗采集方法,在运动区域提高采集的窗口层数,在非运动区域降低窗口数。表1为亚安型号YQ5202产品与采用加窗采集后跟踪系统的灵敏度对比表,可以明显看出采用加窗采集后算法灵敏度更高,定位运动目标速度更快,由原来的0.08 s提升为0.04 s。加窗采集思想实现步骤如下:(1)建立每个子眼与图像传感器对应的成像区域——对应关系,子眼个数和成像区域的个数均为 N ;(2)通过所述对应关系,建立全局低速的加窗模式;(3)通过所述对应关系,建立局部高速的基本跟踪模式;(4)通过所述对应关系,建立自适应性的物体跟踪模式;(5)根据步骤(3)采用所述全局低速的加窗模式和所述局部高速的基本跟踪模式,或采用所述全局低速的加窗模式和所述自适应性的物体跟踪模式分别获取高速图像序列,将采样频率高的高速图像序列对应的模式作为最终模式,通过所述最终模式获得的图像序列作为最终高速图像序列。

表1 本文算法与YQ5202产品灵敏度以及探测视场对比
Table 1 The algorithm of the proposed system's sensitivity and detection field compared with the YQ5202

产品	探测时间/s
本文的仿生复眼装置系统	0.04
亚安YQ5202鱼眼探测产品	0.08

2.2 采用自适应迭代值进行自适应阈值选取

当背景模型建立好后,得到的差分图像需要进行二值化,以显现目标,此时阈值选择非常重要,选择过大会把运动目标点误认为是背景点,选择过小会把背景点误认为运动目标点,常用阈值选择为人工设置阈值,但是这种方法适应性差,而且需要人工干预,智能性差。本文采用自适应迭代阈值选择,求出全局最佳阈值,有很好的适应性。

子眼进行在高斯模型下的背景差分目标探测后,运动目标被提取出来,此时为了判断目标是否移动到了重叠区,进行质心提取来判断质心是否移动出了指定矩形边界区域。如果越界,则自动转成重叠区的算法。另外当子眼图像经过二值化后,目标存在一定的阴影和不连续的地方,采用形态学开运算进行目标增强。

3 复眼侧抑制原理进行边缘突出算法跟踪重叠区域

因为重叠区关联两个子眼,只采用非重叠区的背景差分算法,探测的稳定性和效率有所降低,故在重叠区采用仿生复眼的侧抑制算法,以比较稳定地提取了运动目标轮廓。侧抑制现象广泛存在于昆虫复眼系统中,它指的是一个感受器周围邻近的感受器对其有抑制性作用,并且这种抑制性影响存在空间总和效应。同时,距某一感受器较近的感受器对它的抑制作用要比远一些的感受器的作用强^[11-13]。在重叠区如果按照上述非重叠区进行目标检测会使得目标的轮廓不清晰、不完整,有阴影,而且稳定性差,很难确定目标质心位置。而在重叠区先采用侧抑制快速提取边缘然后再背景差分提取目标,比较稳定精确,而且又较高的抗灰度变化性,有利于提高探测精度,同时能够提高探测灵敏度。对于运动目标是否进入重叠区,采用质心位置跟踪法进行判定,当某个子眼探测的运动目标质心距离最近竖向边界的横向距离大于图像宽度的4/5,同时它的相邻子眼也探测到运动目标,并且该运动目标质心距离图像最近竖向边界的横向距离小于图像宽度的1/5,此时认为目标进入重叠区,并自动开启侧抑制算法,探测到目标后,主眼相机转向两个子眼光轴夹角的中心位置。把每个像素单元都看成一个子眼感受器,按照仿生复眼侧抑制的机理,由于边缘地带在空间上存在较大的反差,使得距离较近的感受器对灰度跃变有很强的抑制作用,随着距离的增加逐渐减弱,根据这种抑制系数可以增强反差突出边框,从时域的角度来进行解析^[14-16]。

以两个单元的简单网络为例,来证实输入图像有增强反差的作用,设两单元的输入灰度为 y_1, y_2 ,且假设

$$y_2 = ky_1 \quad (11)$$

式中, $0 < k < 1$,设网络输出灰度为 X_1, X_2 ,参数关系有

$$X_1 = y_1 - \beta X_2 \quad (12)$$

$$X_2 = y_2 - \beta X_1 \quad (13)$$

式中, $0 < \beta < k < 1$,以保证 X_1/X_2 为非负。

输入反差可用 y_1/y_2 来度量,输出反差可用 X_1/X_2 来度量^[17],由式(11)——(13)可得

$$X_1 = \frac{y_1 - \beta y_2}{1 - \beta^2}, X_2 = \frac{y_2 - \beta y_1}{1 - \beta^2} \quad (14)$$

$$\frac{X_1/X_2}{y_1/y_2} = \frac{k(1 - \beta k)}{k - \beta} = \frac{k - \beta k^2}{k - \beta} > 1 \quad (15)$$

即输出反差大于输入反差,这正说明侧抑制网络突出了物体边缘,当得到前景目标后,在子眼重叠区域采用该算法可以很快并准确得到物体轮廓,提高效率 and 精度,方便下一步定位,灵敏度也得到了提高。

设在重叠区域采用的抑制模型为 $r_p = \sum_{j=1}^m k_{p,j} I_j$, r_p 为侧抑制因子, $k_{p,j}$ 为侧抑制系数, I_j 为灰度值。取 3×3 网络,对应于图像为

$$I(m,n) = f \left[\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \alpha_{i,j} I_0(m+i,n+j) \right] = f [R_0(m,n)] \quad (16)$$

式中, $I(m,n)$ 为抑制处理后像素点 (m,n) 的灰度值, $\alpha_{i,j}$ 为网络内 (i,j) 位置像素对中心像素的侧抑制系数, $I_0(m+i,n+j)$ 为初始像素点 $(m+i,n+j)$ 的灰度值, f 是输出与输入间抑制竞争关系的函数, $R_0(m,n)$ 为网络在 (m,n) 点的侧抑制竞争系数。

根据复眼视觉系统的机理,复眼的每个神经细胞与其周围的神经细胞的侧向联系有相对稳定性和一致性^[18]。由于边缘无方向性约束,权值以中心相

互对称,选中心权值为 α_{00} ,周围 8 个权值为 α_1 则抑制竞争系数为

$$R_0(m,n) = \alpha_{00} \times I_0(m,n) + \alpha_1 \left[\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I_0(m+i,n+j) - I_0(m,n) \right] \quad (17)$$

因为视神经细胞在输入始终相等的平面中,侧抑制竞争系数近似为零,所以 $\alpha_{00} + 8\alpha_1 = 0$,取 $\alpha_{00} = 1$, $\alpha_1 = -0.125$,故抑制系数模板取为

$$\begin{bmatrix} -0.125 & -0.125 & -0.125 \\ -0.125 & 1 & -0.125 \\ -0.125 & -0.125 & -0.125 \end{bmatrix}$$

把此模板系数代入式(17)可以得到图像边缘

$$I(m,n) = \begin{cases} 255 & R_0(m,n) \geq T \\ 0 & R_0(m,n) < T \end{cases} \quad (18)$$

式中, T 为阈值。

如图 6(a)(b) 表示采用仿生复眼侧抑制算法后,1 号子眼和 2 号子眼在重叠区检测到的运动目标边缘轮廓,图 6(c)(d) 表示采用传统 Robert 边缘检测后,1 号子眼和 2 号子眼得到的重叠区运动目标轮廓。从图 6 可以看出,本文采用的侧抑制算法在重叠区得到的运动目标轮廓更加清晰。表 2 对两种算法的运动目标检测时间进行了对比,可以看出在重叠区采用本文算法检测运动目标比传统 Robert 边缘检测算子灵敏度更高,探测速度更快。

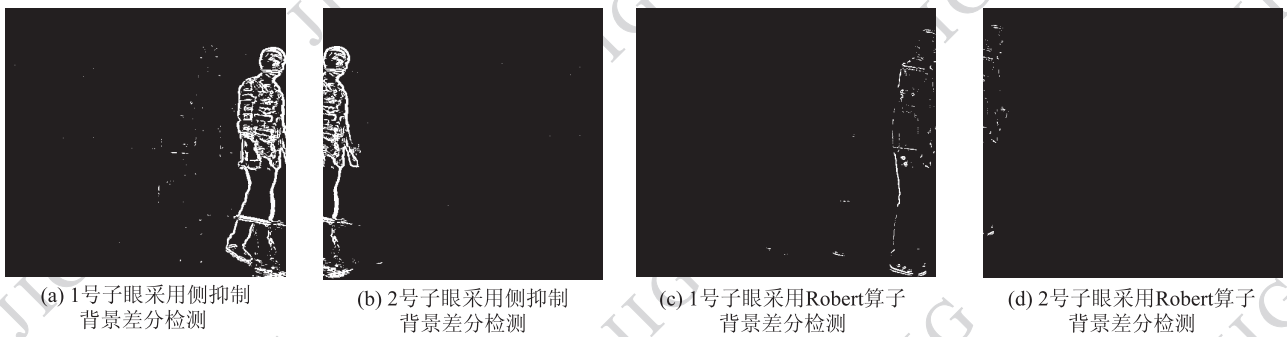


图 6 在重叠区采用不同算法提取边缘高斯背景差分检测目标对比

Fig. 6 Comparison of extract the brink by Gaussian background differential detect target in the overlap region with two algorithms

表 2 采用侧抑制目标检测探测时间对比

Table 2 Contrast detection time with two algorithms

算法	探测时间/s
本文算法	0.06
传统算法	0.1

4 结 论

提出了一种仿生复眼全视场连续跟踪策略并且将加窗采集和侧抑制算法进行结合,介绍了系统软硬件构成和相关图像算法。通过与亚安 YQ5202 的

对比以及在重叠区与传统 Robert 边缘检测算子开展的对比实验,表明本文算法有较高的灵敏度和全视场探测的优势。尤其在重叠区采用背景差分和仿生复眼侧抑制算法结合,提取到一种比较稳定的目标轮廓,使得中心相机可以快速定位,定位时间达到了 0.06 s,大大提高了重叠区的探测效率。同样,本文算法可应用于安防监控行业。

参考文献 (References)

- [1] Guo F, Wang K Y. Design of cluster eyes and image collection system based on target positioning and Target Tracking[J]. Aero Weaponry, 2011, (2): 1673-5048. [郭方, 王克逸. 基于目标定位与跟踪的簇眼结构和图像采集系统设计[J]. 航空兵器, 2011, (2): 1673-5048.]
- [2] Cao J, Tao W B. Estimating Target's distance using multiaperture optical imaging sensor[J]. Instrument Technique and Sensor, 2004, 3: 1002-1841. [曹炬, 陶文兵. 运用多个光学成像探测器估算目标距离[J]. 仪表技术与传感器, 2004, 3: 1002-1841.]
- [3] Wang Y S, He Q. An omnidirectional target monitoring system based on compound eyes technology[J]. Optical Technique, 2006, 32(S1): 1002-1582. [王永松, 赫群. 基于昆虫复眼技术的全视场运动的目标监测系统[J]. 光学技术, 2006, 32: 1002-1582.]
- [4] Patrick A, Shoemaker, David C, et al. Velocity constancy and models for wide-field visual motion detection in insect[J]. Biological Cybernetics, 2006, 93: 275-287.
- [5] Hassenstein B, Reichardt W. Functional structure of a mechanism of perception of optical movement[C]// Proceedings of the 1st International Congress on Cybernetics. Namur: Association Internationale de Cybernetique, 1956, 797-801.
- [6] Jacques D, Daniela R, Andreas T. Spherical artificial compound eye captures real images[J]. Sple Moems and Miniaturized Systems VI. 2007, (1): K1-K9.
- [7] Duparre J, Schreiber P, Dannberg P, et al. Artificial compound eyes; different concepts and their application for ultraflat image acquisition sensors[C]// Proceedings of the SPIE. San Jose, CA: SPIE, 2004, 5346: 89-100.
- [8] Wang W F. Imitation insect compound eye of vehicle breaking detection method on video of traffic[J]. Computer Engineering and Applications, 2010, 48(6): 246-248. [王卫锋. 仿昆虫复眼交通视频停车事件的检测方法[J]. 计算机工程与应用, 2010, 48(6): 246-248.]
- [9] Yu C Z. Research on moving object detection and tracking technology in video sequences[D]. Nanjing: Dongnan University, 2006. [于成忠. 视频序列中运动目标的提取与跟踪[D]. 南京: 东南大学, 2006.]
- [10] Pan F, Wang X Y. A new detection and tracking algorithm for moving objects[J]. Opto-Electronic Engineering, 2005, 32(1): 43-46. [潘锋, 王宣银. 一种新的运动目标检测与跟踪算法[J]. 光电工程, 2005, 32(1): 43-46.]
- [11] Tao S, Zeng L J. Compound eyes model based on the spatial lateral inhibition network[J]. Optical Technique, 2007, 32(3): 1002-1582. [陶圣, 曾理江. 结合空间侧抑制的仿生复眼模型[J]. 光学技术, 2007, 32(3): 1002-1582.]
- [12] Wang F, Li Y J, Chen Y. A method of edge extraction based on lateral inhibition principles[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 1998, 16(4): 536-539. [王峰, 李言俊, 陈鹰. 基于侧抑制竞争原理提取图像边缘的方法[J]. 西北工业大学学报, 1998, 16(4): 536-539.]
- [13] Zhou W. Using lateral inhibition neural network to identification boundary[J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2003, 23(1): 73-76. [周文. 利用侧抑制神经网络的边界识别[J]. 南京邮电学院学报, 2003, 23(1): 73-76.]
- [14] Zhao D W. The infrared image preprocessing based on the lateral inhibition networks[J]. Journal of Projectiles Rockets Missiles and Guidance, 2005, 25(4): 213-218. [赵大炜. 基于侧抑制网络红外图像预处理[J]. 火箭与制导学报, 2005, 25(4): 213-218.]
- [15] Simone C, Andrea P, Roberto V, et al. Consistent labeling formula for camera object tracking[C]// Proceedings of Lecture Notes in Computer Science. Heidelberg: Springer, 2005, 3617: 1206-1214.
- [16] Liang Y C, Chen J X, Chen M J, et al. Three-dimensional molecular dynamics simulation of nanostructure for reciprocating nanomachining process[J]. Journal of Vacuum Science & Technology, 2009, 27(3): 1536-1542.
- [17] Yan Y D, Sun T, Zhao X S, et al. Fabrication of microstructures on the surface of a micro/hollow target ball by AFM[J]. Journal of Micromechanics and Micro-engineering, 2008, 18(3): 1-7.
- [18] Yan Y D, Sun T, Pan B, et al. Controlled monolayer self-assembly process based on the atomic force microscopy nanoscratching method[J]. Journal of Vacuum Science & Technology, 2010, 27(3): 1247-1250.