

多目标跟踪算法在水质监测中的应用*

胡江龙, 方景龙, 王大全

(杭州电子科技大学 图形图像研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要: 针对活鱼水质监测系统中的活鱼跟踪中存在的问题,提出了一种基于视频的多目标跟踪算法,通过采用一种基于统计模型的背景建模方法得到了实验鱼缸的初始背景,并在活鱼目标检测跟踪过程中实时更新背景,在此基础上采用背景相减法和自适应图像二值化实现了活鱼运动目标的提取,并用连通区域分析提取活鱼的大小、质心等特征值,最后将卡尔曼预测器应用于基于运动特征的跟踪技术中,实现了活鱼的轨迹跟踪,提取到了活鱼的运动轨迹,最终达到了为后续的水质预警提供了可靠的轨迹数据的目的,所跟踪得到的活鱼运动轨迹数据是监测系统水质预警的重要基础。研究表明,该算法符合系统的实时性和准确性要求,能实现活鱼运动轨迹的准确快速跟踪。

关键词: 活鱼水质监测;多目标视频跟踪;图像分割;计算机视觉

中图分类号: TN401;TP216

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)05-0613-03

Water quality monitoring using multi-object tracking algorithm

HU Jiang-long, FANG Jing-long, WANG Da-quan

(Institute of Graphics and Image, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the problems of tracking the fishes in live-fish water quality monitoring system, a video-based multi-target tracking algorithm was proposed. The initial background of the experimental fish tank was built using a statistical background modeling method, and the background was updated during target detection and tracking in real-time. On this basis, background subtraction method and adaptive image binarization were used to achieve the extraction of fish moving target, and the connected component analysis was used to extract fish size, mass and other characteristics of value, and finally the Kalman predictor for the motion tracking based on characteristics was applied to achieve trajectory tracking of fish, extracting fish's trajectory. It is achieved that providing a reliable trajectory data to the follow-up early warning of water quality eventually. The data of the tracked trajectory is an important basis for analysis of water quality in the monitoring system. The results show that the algorithm, with the requirements of real-time and accuracy in the system, could achieve trajectory of fish tracking accurately and quickly.

Key words: water quality monitoring; multi-object video tracking; image segmentation; computer vision

0 引言

水质的生物监测方法^[1]被广泛地应用于水环境的质量监测和水质安全预警中,其基本原理是利用水生生物个体、种群和群落的数量、性质、健康状况、生理特征和运动行为特征等的变化来指示水体环境质量的变化,表征环境污染状况,从生物学角度为水体环境质量和评价提供依据。水生生物的运动行为特征在生物水质监测和预警中是重要的指标^[2]。因此对这些特征准

确的获取也成了生物水质监测研究中的重要内容。

本研究针对活鱼水质监测系统中鱼群的轨迹跟踪问题,提出了一种快速有效的多目标运动轨迹跟踪算法。

1 运动目标检测

基于背景建模的方法是目前运动目标检测最常用的一种方法,它是通过对视频流进行实时的背景建模,将当前图像与检测出的背景图像进行差分操作,从而分离出前景运动物体的技术^[3]。本研究提出一种基于

收稿日期:2011-11-04

基金项目:浙江省科技计划资助项目(2009C14032)

作者简介:胡江龙(1986-),男,浙江建德人,主要从事模式识别方面的研究。E-mail: atongmu870126@163.com

统计背景模型的运动目标分割方法,并实时更新背景,保证运动目标检测的实时性和准确性,并有效克服通常的固定分割阈值难以适应场景变化的缺点。

1.1 背景模型估计和更新

几种常用的背景估计方法有:统计平均法、统计直方图法和统计中值法^[4]。另外还有基于高斯统计模型的自适应背景图像估计法和基于卡尔曼滤波器^[5]的自适应背景估计算法等,但其算法比较复杂,稳定性不高,因此实际应用比较困难。在活鱼水质检测系统中环境相对比较稳定,在对视频中的某个像素点进行一段时间的观测后,发现只有在前景目标通过该点时,它的亮度值才发生明显的变化。因此本研究提出一种快速有效的基于统计背景模型估计方法。

具体的实现过程为:背景灰度值 B 的变化范围是0~255之间,对每个像素的灰度值进行一段时间的统计,计算每个像素点的均值 R 和方差 C ,找出这段时间里 $|R(x,y)-B(x,y)|<C(x,y)$ 的像素点,计算这些像素点的均值,用来作为背景模型在该点的灰度值。其中, $B(x,y)$ 表示背景图像像素的灰度值, $R(x,y)$ 表示该点像素一段时间内的平均灰度值, $C(x,y)$ 表示背景图像像素灰度值的统计方差。

由于实验环境相对稳定,背景更新采用均值函数作为更新函数,并且仅对于图像中灰度变化小于方差 C 的像素采用均值法进行更新,可大大提高更新的效率:

$$B_t(x,y) = \text{Median}(I_t(x,y), I_{t-1}(x,y), \dots, I_{t-(n-1)}(x,y), w_b B_{t-1}(x,y)) \quad (1)$$

式中: $I_t(x,y)$ —灰度变化小于背景模型方差 C 的像素点; w_b —更新的权重, w_b 根据实验的环境来取值,本研究采用0.8~0.85,效果最稳定。

实验证明,该方法是有效的,并且它在提取背景过程中,不受前景运动目标的影响。

1.2 自适应运动分割

由当前图像 N 与背景图像 B 得到差分前景图像 D 定义如下:

$$D(x,y) = |N(x,y) - B(x,y)| \quad (2)$$

如果差值大于定阈值 T ,则认为该像素属于前景运动目标,定义如下:

$$Y(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } D(x,y) < T \\ 1 & \text{if } D(x,y) \geq T \end{cases} \quad (3)$$

式中: $Y(x,y)$ —运动目标像素的集合, $D(x,y)$ —当前图像 $N(x,y)$ 与背景图像 $B(x,y)$ 的差分图像像素的灰度值, T —灰度值分割阈值。

如何能够做到自适应的选择分割阈值 T ,是实现自适应运动分割的关键。因此,本研究引用著名的最

大类间方差准则函数法(Otsu法)^[6],最大类间方差法是由Otsu于1979年提出的,在最小二乘法原理的基础上推导得出的,该算法比较简单,其基本思想是根据模式识别中不同的两类(目标和背景)类内方差小、类间方差大的原理,根据类间判别函数,以目标和背景最大程度地分开为依据,以某一灰度值作为阈值将图像分为两组,计算两组的方差,当被分成的两组之间的方差最大时,即该灰度值为本副图像的阈值 T 。

2 多运动目标跟踪

所谓的目标跟踪,就是在已处理过的一系列图像序列中,确定图像中研究者所感兴趣的运动目标在每帧图像中运动状态参数^[7-10]。在活鱼水质监测系统中,运动目标跟踪可以提供鱼的运动轨迹,从而利用运动轨迹来计算鱼群的运动状态(速度、高度、间距等),根据运动鱼群的运动状态的变化来判断水质。例如鱼群的运动轨迹速度出现急剧的变快,说明鱼群发生逃窜行为,监测系统检测出这样的行为变化,则可以判断水质发生突变。

通过大量的文献比较发现,基于特征的跟踪算法在处理目标遮挡和多目标跟踪问题时具有良好的跟踪效果,故本研究采用基于特征的跟踪技术与卡尔曼预测器相结合的方法来实现对活鱼实时、准确的定位跟踪。

2.1 目标遮挡处理

遮挡是指两条或多条鱼游到一起,或者距离比较近,无法分辨。处理方法为在搜索窗口内进行运动搜索,若能找到匹配区域,则更新目标轨迹;若在搜索窗口内找不到匹配区域,则维持目标轨迹。这时,若目标轨迹的权值计数 T 小于最小值 T_0 ,则跟踪结束,说明发生完全遮挡。

目标分裂是指原本发生遮挡的鱼之间相互分离出去。当分离到一定程度时,在运动检测中会发现新的目标出现,则一次分裂结束。在分裂之前,新目标区域中只有一个预测目标区域,分裂后将进行一个老目标的跟踪轨迹匹配和一个新目标的轨迹跟踪;若老目标跟踪失败,则分裂后进行两个新目标的轨迹跟踪。这里的目标轨迹的权值计数 T 是笔者引入的表示目标轨迹可靠性的度量。更新目标轨迹,若 T 不大于最大值 T_1 ,则加1;维持目标轨迹,若 T 不小于最小值 T_0 ,则减1。新目标轨迹的 T 为 T_1 。

2.2 跟踪算法步骤

本研究设新目标区域数目为 M ,预测目标区域数目为 N ,根据 M,N 的值逐一进行跟踪。算法步骤如下:

Step 1: 采用基于统计背景模型估计方法来建立背景,背景更新采用均值函数作为更新函数。当前帧与背景帧相减,并进行二值化、形态学滤波、联通区域分

析、质心位置及联通面积特征提取等操作,得到当前新目标区域数目 M 。而当前所有预测目标区域数为 N 。

Step 2:对新目标区域逐一匹配。重复执行Step2.1–Step2.3,直到新目标 M 减为0。

Step 2.1:若新目标区域内无任何预测目标区域,则此新目标区域为新出现的目标,为之建立新的目标跟踪轨迹。

Step 2.2:若新目标区域内只有一个预测目标区域,则无遮挡发生,直接将新目标区域的联通面积与待跟踪目标进行匹配。若匹配,则更新目标轨迹;否则维持目标轨迹。

Step 2.3:若新区域内有多个预测目标区域,则有遮挡发生。在区域内的待跟踪目标更新目标轨迹。

Step 3:处理不在新目标区域的其余预测目标。由于新目标区域已经包括了所有运动区域,因此不在运动区域的预测目标在当前帧肯定是被背景遮挡了或者暂时丢失,这样无需在搜索窗口内进行剩余目标的匹配、搜索,维持目标轨迹就可以了。

Step 4:用卡尔曼滤波器预测所有目标在下一帧中的可能位置及预测目标的数目 N (位置超出图像边界较多的目标跟踪过程结束),转Step 1,进行下一轮跟踪。

传统的跟踪方法在轨迹关联需要搜索整个区域来匹配,本研究的方法在轨迹关联的时候,采用卡尔曼预测器,对新目标的匹配只需要在预测的区域内匹配,缩小了匹配的范围,提高了轨迹关联的速度,更符合实时性的要求。

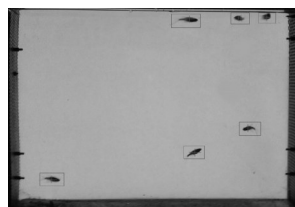
3 实验结果

实验采集的图像大小为320×288,灰度格式。在普通PC机(Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU E8400 3.00 GHz)上,基于Visual Studio 2008开发环境运用C++语言和Matrox公司的MIL8.0库来实现本研究的算法,并搭建水质监测的实验环境进行多目标跟踪试验。

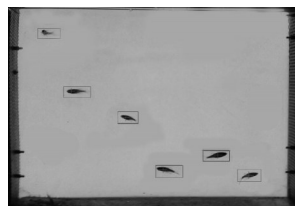
目标检测与跟踪算法达到了25 fps的处理速度,CPU占用率15%左右,实验结果如图1所示。

4 结束语

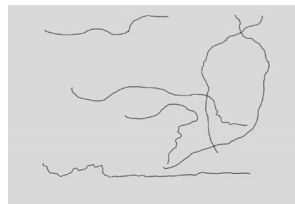
针对活鱼水质检测系统中的轨迹跟踪等难点,本研究提出了一种快速的多目标跟踪算法。在该算法中,本研究先采用一种基于统计的背景建模方法并实现运动目标自适应分割,既能减弱运动目标对背景模型的影响,又可以适应实际背景的变化;在跟踪中则考虑了多目标跟踪时的相互遮挡问题和跟踪目标轨迹的



(a) 第100帧



(b) 第300帧



(c) 6条鱼的运动轨迹

图1 活鱼目标跟踪实验结果图

可靠性问题。实验结果表明,该算法能有效处理合并、遮挡等情况,具有较好的多目标跟踪效果。

参考文献(References):

- [1] 张增光. 水生生物在水质监测中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2004, 14(7): 150–151.
- [2] 费学宁. 现代水质监测分析技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] COMIS D. Heed the Mummichog! –Fish used as water quality indicator [EB/OL]. [2007–11–23]. http://findarticles.com/p/articles/mi_m3741/is_n11_v39/ai_11845375/pg_1;FindArticles.
- [4] 万 琴. 实时视频中多运动目标监测与跟踪研究[D]. 长沙: 湖南大学电气与信息工程学院, 2006.
- [5] 陈 教. 智能监控系统中运动监测和跟踪方法的研究[D]. 武汉: 武汉科技大学信息学院, 2008.
- [6] 周鸿斌. 基于计算机视觉的鱼类运动监测系统研究[D]. 杭州: 浙江工业大学信息工程学院, 2009.
- [7] 刘 亚, 艾海舟, 徐光佑. 一种基于背景模型的运动目标检测与跟踪算法[J]. 信息与控制, 2002, 31(4): 315–320.
- [8] 李志良. 鱼类行为学在水质在线监测与预警中的应用研究[D]. 济南: 山东师范大学生命科学学院, 2008.
- [9] DONG Zhe, YOU Zheng. A novel extended Kalman filter for a class of nonlinear systems [J]. *Progress in Natural Science*, 2006, 16(9): 912–918.
- [10] JWO D J, CHO T S. A practical note on evaluating Kalman filter performance optimality and degradation [J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2007, 193(1): 490–502.

[编辑: 李 辉]