

# 基于机器视觉的养殖鱼群智能投饵系统设计与研究

王勇平<sup>1,2</sup>, 聂余满<sup>2</sup>, 谢成军<sup>2</sup>, 双丰<sup>2</sup>

(1. 中国科学技术大学 自动化系, 安徽 合肥 230026; 2. 中国科学院 合肥智能机械研究所, 安徽 合肥 230031)

**摘要:** 介绍一种基于机器视觉技术的渔业养殖用智能投饵系统。该系统主要包括视频数据采集设备、图像处理与控制装置以及投饵机。通过获取进食鱼群的实时视频信息, 计算目标鱼群进食过程中的动态参数, 智能判断投饵过程中的控制参数, 实现精准有效的投喂。

**关键词:** 帧间差分法; 鱼群投饵; 最小二乘法

中图分类号: TP274

文献标志码: A

文章编号: 1006-2394(2015)01-0001-04

## Design and Research of Intelligent Feeding System for Farmed Fish Based on Machine Vision

WANG Yong-ping<sup>1,2</sup>, NIE Yu-man<sup>2</sup>, XIE Cheng-jun<sup>2</sup>, SHUANG Feng<sup>2</sup>

(1. Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;

2. Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

**Abstract:** An intelligent feeding system for farmed fish based on machine vision technology is introduced in the paper. It has been designed and applied for farmed fish feeding. The system includes video data acquisition equipment, image processing facility and feeding machine. By processing real-time video data of eating fish, we can acquire dynamic parameters of target fish. Accurate and effective feeding can be achieved through intelligent decision based on control parameters.

**Key words:** frame differential method; fish feeding; least square method

## 0 引言

近年来, 随着农业物联网技术的不断发展, 机器视觉技术在渔业养殖上的应用已经成为热门的研究课题。但是针对规模化密集型池塘渔业养殖过程中的适时、适量投饵这一问题仍没有自动化的替代方案。目前一般都采用人工投饵或机械投饵喂养, 主要凭借经验或者通过设定时间量来决定投饵的多少以及起始时间, 没有合理利用进食鱼群参数信息, 也无法做到精准投喂。

为了能精准控制、判断合理投饵时间, 提高投饵效益, 本文提出一种利用机器视觉技术获取进食鱼群取食参数从而实现鱼群养殖精准投饵的方法。该方法基于机器视觉技术, 利用机器视觉技术精准捕捉投饵时进食鱼群面积的连续变化量, 实现投饵机的智能控制。与传统人工投饵或机器投饵相比, 该系统能够量化进

食鱼群参数, 合理利用鱼群进食规律提高投饵效率, 避免投饵过量或不足。然而在规模化密集型渔场养殖条件下, 如何在相对复杂的环境背景下实现鱼群动态参数的精准提取具有一定的难度, 这也是本文要解决的主要问题。

## 1 相关研究

国内外学者在渔业养殖中进行了一系列基于机器视觉技术的应用研究。Foster 等利用架设于海底的摄像机来观察饵料及对饵料进行计数, 其工作原理是将摄像机在网箱内垂直摆设, 当饵料自上而下在网箱内落下时, 通过拍摄图像序列计算出穿过设定区域的饵料残留量。该方法中饵料计数误差较大。Ang 等将上述投饵监控方法应用于实际生产中, 提高了饵料的使用率。但由于水中光线不足, 大批鱼群存在遮挡等问题影响其实际操作性。Ma 等利用数字图像技术观察

收稿日期: 2014-09

基金项目: 国家自然科学基金(61201400); 国家体育总局重点研究领域课题(2012B080)

作者简介: 王勇平(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为模式识别与智能信息处理。

鱼的运动方向、运动速度等行为的突然改变 来实现对水质的实时监测 然而该方法对实验鱼种要求比较高。Vassilis 等开发出一套远程机器视觉系统 监测鱼群在不同养殖密度情况下以进食前后靠近网箱、咬食网箱等行为来进行量化分析研究 但是通过这种办法判断鱼群活跃度具有局限性。

国内研究者中 吴军等在传统背景消除法基础上进行改进 结合 Delaunay 三角网络算法 来精准跟踪鱼群并且为监控水质提供有效数据 针对规模化密集型渔业养殖往往无法通过该方法进行精确跟踪。王志勇等利用非视觉传感器进行投饵控制 并基于气力输送原理对投饵装置关键结构以及管道输送进行合理设计 从而实现远程监控与投饵操作 池塘养殖和流水型设施养殖是我国主要的渔业养殖生产方式 该投饵控制方法必须在人工干预下进行且不宜在池塘养殖和流水型养殖中推广。范良忠等分析比较图像和视觉领域常用的运动目标检测算法的基础上 提出了帧间差分法和运动平均背景建模结合的方法 在检测时间和检测精度上有很大提升。由于其池塘养殖鱼群背景环境复杂 外界干扰多 该方法的实际应用效果有限。

Foster 等相关研究表明进食鱼群面积与鱼群进食充分之间存在关联性。在咨询渔业养殖专家建议的基础上 本文提出一种利用进食鱼群面积参数进行饵料投喂控制的方法。

通过对投饵时池塘养殖鱼群进食面积与饵料投喂时间进行量化分析研究 开发出基于机器视觉技术的智能投饵控制系统。如图 1 所示 该系统由三个主要部分组成: 视频数据采集设备、图像处理与控制装置、投饵机。由于图像系统无接触无干扰 与其他方法相比对鱼群几乎没有任何影响 可以更好地实现投饵控制。

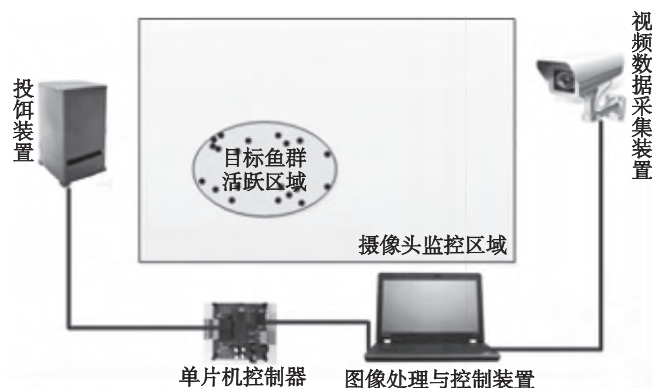


图 1 智能投饵系统示意图

## 2 基于机器视觉技术的目标鱼群面积获取方法

规模化密集型池塘养殖环境下 投饵机开始投饵

后 鱼群在投饵机饵料抛投水面范围内浮动进食 本文将浮动进食鱼群聚集面积作为目标鱼群面积。然而 池塘水面环境容易受到反光、阴影、背景物体等外界干扰 这给后期图像处理增加了难度。另外 间或发生的鱼群剧烈变化也增加了目标鱼群面积参数获取算法的复杂度。本文通过目标区域帧间差分及优化目标点集等方法解决了上述问题。智能投饵系统总体流程图如图 2 所示。

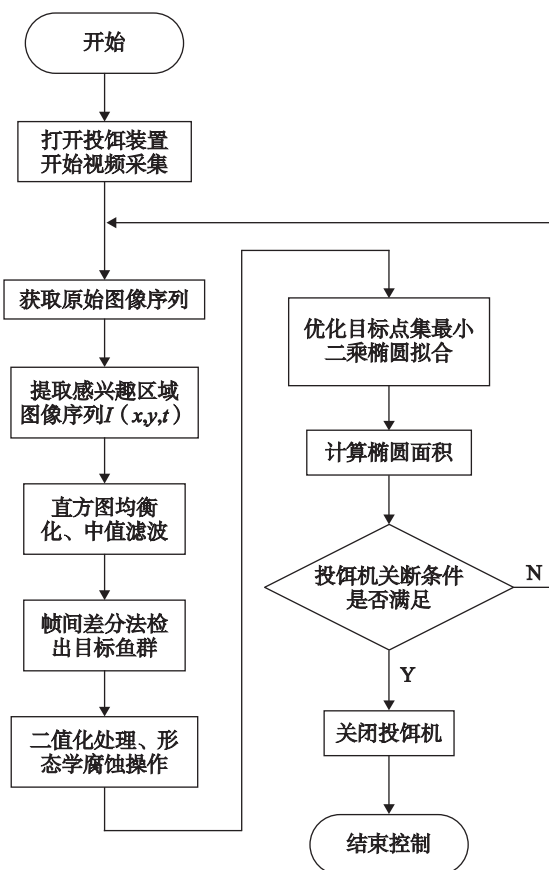


图 2 智能投饵系统流程图

### 2.1 基于帧差法的目标鱼群检测算法设计

池塘环境面积通常都比较宽广 而鱼群进食时大多比较集中 为了简化测量过程 便于设备安装架设 本研究只测量包含目标鱼群的局部范围面积。

目标鱼群检测分为以下几个步骤:

(1) 为了克服拍摄角度、漂浮物及周围背景物体的影响 采用提取序列图像中感兴趣目标区域图像  $I(x, y, t)$  作为原始图像进行图像处理。图 3b) 为目标区域序列图像。为了提高目标鱼群检测的可靠性 对目标图像作灰度转化操作。

(2) 为提高图像对比度、提升图像质量 采用直方图均衡化的策略 如图 3c) 所示。由于图像中存在噪点干扰 同时希望保留边缘锐利度 所以采用中值滤波的办法 对图像进行核大小为  $3 \times 3$  的中值滤波。中

值滤波器是非线性的,将中心像素的正方形领域内的每个像素值用中间像素值(不是平均像素值)替换,得到目标图像  $M(x, y, t)$ 。

(3) 为获得目标鱼群有效面积,消除渔场环境下,光照变化明显、环境背景复杂等干扰,采取帧间差分法检出目标鱼群。帧间差分法通过对视频序列中两个或者三个相邻帧图像进行差分阈值化处理提取动态目标,该算法计算简单易实现,对于池塘养殖环境、光照等变化有良好的适应性和较强的抗噪性。

$$F(x, y, t) = |M(x, y, t) - M(x, y, t-a)| \quad (1)$$

计算时刻  $t-a$  和时刻  $t$  两图像差分绝对值得到图像  $F(x, y, t)$ ,如图 3d) 所示,式(1)中  $a$  是两帧图像之间时间差。

(4) 由于目标鱼群灰度值与周围环境相比分布比较集中,可以通过阈值化处理消除周围环境干扰得到二值化图像。这里取  $\theta_b$  为二值化阈值。

$$B(x, y, t) = \begin{cases} 255, & (F(x, y, t) > \theta_b) \\ 0, & (\text{其他}) \end{cases} \quad (2)$$

(5) 为消除边缘与相关噪声影响,通过对  $B(x, y, t)$  作形态学腐蚀操作,得到目标图像  $G(x, y, t)$ ,如图 3e) 所示。

$$G(x, y, t) = B(x, y, t) \cap B(x-1, y, t) \cap B(x, y-1, t) \quad (3)$$

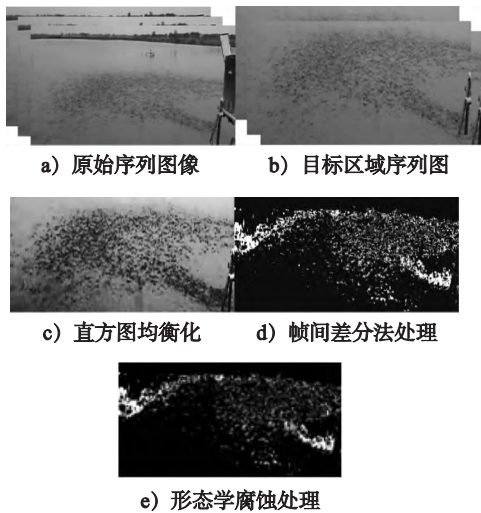


图3 目标鱼群检测过程

### 2.2 目标鱼群面积计算方法

通过上述步骤可以得出目标鱼群点集图,如图 4a) 所示。投饵机投喂范围为近似圆形区域,由于成像角度的存在,目标鱼群的范围在获取的图像上近似椭圆,因此采用最小二乘椭圆拟合算法目标点集进行拟合运算。

椭圆代数公式表示为:

$$ax^2+bx+cy^2+dx+ey+f=0 \quad (4)$$

通过对离散点集进行最小二乘处理,就可以得到方程中的各系数。即求目标函数  $F(a, b, c, d, e, f)$  的最小值来确定各系数  $a, b, c, d, e, f$  分别为系数值。

$$F(a, b, c, d, e, f) = \sum_{i=1}^n (ax_i^2+bx_iy_i+cy_i^2+dx_i+ey_i+f)^2 \quad (5)$$

其中  $n$  表示图像  $G(x, y, t)$  中离散点集总数,  $x_i, y_i$  分别表示离散点集序列的坐标,  $i$  表示点的序列数。

继而得出长半轴  $A$ , 短半轴  $B$  大小。

$$A = 2 \sqrt{\frac{-2f}{a+c - \sqrt{b^2 + \left(\frac{a-c}{f}\right)^2}}} \quad (6)$$

$$B = 2 \sqrt{\frac{-2f}{a+c + \sqrt{b^2 + \left(\frac{a-c}{f}\right)^2}}} \quad (7)$$

由椭圆面积公式计算得出拟合椭圆面积。

$$S = \pi AB \quad (8)$$

对目标点集直接使用最小二乘拟合算法的结果如图 4b)。该椭圆未能良好拟合实际区域,而且由于算法复杂度较高难以实现实时处理。在图 4c) 所示的改进方法中,优先提取外部轮廓点作为输入点集,对优化的输入点集进行最小二乘椭圆拟合,得出目标鱼群面积。由于鱼群目标具有聚合性,该方法可以有效提取点集面积,提高运算效率。外围不规则线框为点集凸包,可以看出优化后的椭圆与凸包拟合更为贴近。

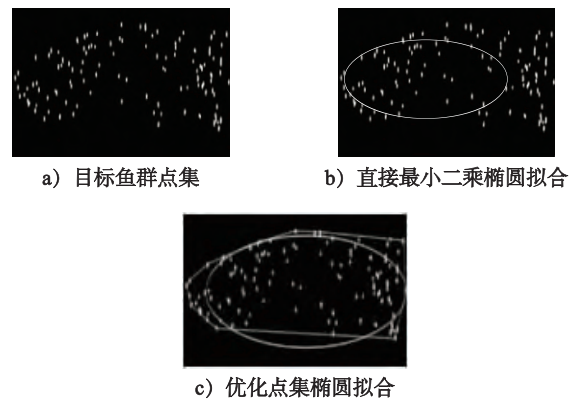


图4 目标鱼群点集的面积参数获取

### 3 投饵过程参数与结果分析

本系统主要采用基于帧间差分的方法提取目标鱼群点集,并且根据优化后的目标点集进行椭圆拟合得到目标鱼群面积参数。通过面积参数曲线变化趋势,判断最佳投饵机关断时间。

如图 5 所示,纵坐标为相对面积值,横坐标为时间参数。取进食过程为 86 min 的实验数据,摄像机拍摄帧率为 25 F/s,也即每秒可得出 25 个面积参数值,取平均值作为每一时刻鱼群的面积参数。

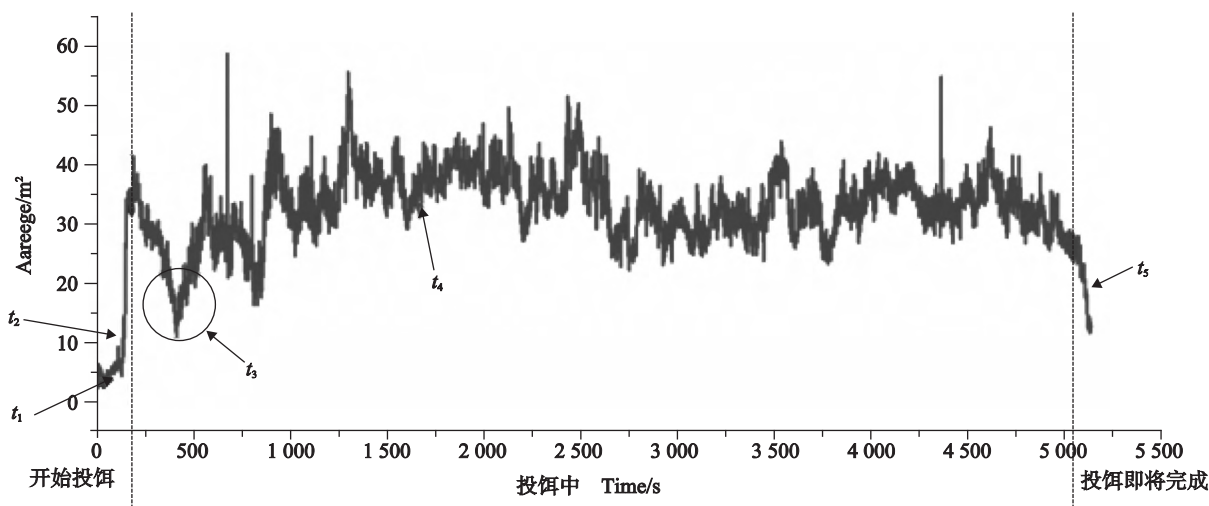


图5 进食鱼群面积参数

图5中 $t_1$ 时刻表示尚未投饵时目标区域面积参数存在一定的初始阈值。

$t_2$ 时刻开始投饵,目标区域鱼群数量急剧增加,反映在鱼群面积参数曲线上出现直线型上升变化。在投饵时间处于一定时间节点内,如果面积参数值出现急剧下降之后又回升到原先参数值,表明可能受到外界干扰影响,如飞鸟或人的出现。

$t_3$ 时刻,鱼群面积参数值出现V字型变化,是因为在实验中受到人的干扰。同样,这种变化也可以方便用户时时检测鱼群进食是否受到非正常因素影响。投饵一段时间后,面积参数值趋于稳定,这时取某一段时间段平均值作为本次投饵鱼群面积参数最大值 $W_{\max}$ ,本次实验中 $t_4$ 时刻前后500s时间段取平均值。

投饵时间超过一定值时,鱼群进食充分开始游散,鱼群面积参数值开始迅速下降。根据鱼群生长情况,本次投饵时间超过75min后开始计算最佳关闭时间。当参数值下降至参数最大值 $W_{\max}$ 的三分之一时,选择关闭投饵机,本次试验 $t_5$ 时刻为投饵机的自动关闭时间。图像处理程序通过串口向单片机发送关闭投饵机信号,控制继电器关闭投饵机。

#### 4 结束语

本文利用机器视觉技术,开发出适用于规模化养殖鱼群的智能投饵系统。利用帧间差分法有效检出图像序列中目标区域鱼群点集,优化鱼群点集以改善最小二乘椭圆拟合算法效率,进而得到目标鱼群面积参数值,利用参数值变化曲线计算出面积参数最大值,当参数值变化至设定阈值以下时自动关闭投饵机,以实现渔业投饵智能控制。

另外,本文研究对象为池塘养殖,环境相对稳定,

鱼群行为模式较为固定。通过大样本的行为参数记录和分析,可利用本系统开发侦测行为参数变化,早期预警鱼类疾病、水质污染或缺氧等异常的算法。因此本系统也可在算法拓展后应用于病害监测、水质异常预警等场合。

#### 参考文献:

- [1]徐建瑜,崔绍荣,苗香雯,等. 计算机视觉技术在水产养殖中的应用与展望[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 174-178.
- [2]范良忠,刘鹰,余心杰,等. 基于计算机视觉技术的运动鱼检测算法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 226-230.
- [3]朱从容. 计算机视觉技术在水产养殖中的应用[J]. 浙江海洋学院学报, 2008, 27(4): 439-443.
- [4]M. Foster, R. Petrell, M.R. Ito, et al. Detection and Counting of Uneaten Food Pellets in a Sea Cage Using Image Analysis [J]. Aquacultural Engineering, 1995, 14(3): 251-269.
- [5]K.P. Ang, R. J. Petrell. Control of feed dispensation in seacages using underwater video monitoring effects on growth and food conversion [J]. Aquacultural Engineering, 1997, 16(1): 45-62.
- [6]Heng Ma, Tsueng Fang Tsai, Chia Cheng Liu. Real-time monitoring of water quality using temporal trajectory of live fish [J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(7): 5158-5171.
- [7]Vassilis M. Papadakis, Ioannis E. Papadakis, Fani Lamprianidou, et al. A computer-vision system and methodology for the analysis of fish behavior [J]. Aquacultural Engineering, 2012, 46(1): 53-59.
- [8]王志勇, 谌志新, 江涛. 集中式自动投饵系统的研制 [J]. 渔业现代化, 2011, 38(1): 46-49.

(郁菁编发)