

# 基于机器视觉的螃蟹分拣装置设计研究

王 涵<sup>1</sup> 周志强<sup>2</sup> 宋 宁<sup>1</sup> 朱 虹<sup>3</sup> 丁兰英<sup>1</sup> 肖茂华<sup>1</sup>

1. 南京农业大学工学院,江苏 南京 210031 2. 昆山农业机械化技术推广站,江苏 苏州 215300  
3. 江苏省农机具开发应用中心,江苏 南京 210017

**摘要:**螃蟹是我国重要的水产品,营养价值极高,不仅肉质鲜美,还可以预防疾病,显著提高人体免疫力。传统的螃蟹分拣主要是通过人工分拣来实现,但人工分拣效率不高,且易受人的主观因素影响使分拣产生较大的误差,难以满足螃蟹上市速度与品质需求,造成人力资源的浪费。基于此,将机器视觉技术与现代机械设计技术相结合,设计了一台螃蟹自动分拣装置,可实现螃蟹公母与品质分级,通过设计实验确定了螃蟹分拣装置的分拣准确度。结果表明:该分拣装置结构简单,分拣效率高,分拣准确度高,具有极大的应用推广价值和产业化前景。

**关键词:**螃蟹分级;机器视觉;机电一体化

**中图分类号:**TP391.41;TS254.3

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-065X.2023.02.041

## 0 引言

在众多水产品中,螃蟹作为我国的名优水产品,以其“青背白肚,金爪黄毛”闻名于世。近年来,人们对螃蟹的需求逐渐提高,随着螃蟹产业规模的扩大、销售途径的拓宽,我国螃蟹养殖技术得到了很大发展<sup>[1]</sup>。公蟹和母蟹在不同时间可食用价值不一样,不同螃蟹之间也存在品质差别<sup>[2]</sup>,因此螃蟹分选分级工作量越来越大。而如今传统的分拣方法还是普通的人工分拣,存在识别误差率高以及效率低下的问题,导致人力、物力的大量浪费,使螃蟹产业的成本不断提高,不利于目前中国螃蟹产业和市场的结合。市场上一些主流的重量分拣设备也只有重量分选的功能,无法实现公母和品质分拣。因此需要开发一款智能分拣螃蟹的装备,减轻分拣的作业强度,提高分拣的准确率和效率。

螃蟹公母与甲壳长度的识别是整个螃蟹分拣过程的重点,因此,在深入探讨机器视觉原理的前提下,将机器视觉技术和机电一体化技术有效融合并应用到螃蟹分拣机器中,可以有效提高效率 and 分拣准确度。

## 1 总体方案

基于机器视觉的螃蟹分拣装置的硬件主要包括传送模块、视觉模块、控制模块和分选模块 4 个模块,其中核心为视觉模块和控制模块。控制模块负责整个机器传感器信号接收与传输以及各个元器件工作控制;传送模块负责将螃蟹通过上料机构输送到传送带上,输送到光电传感器所在位置时,光电传感器能够检测到物体遮挡,从而触发视觉模块的相

机拍照,对获取的螃蟹图像进行处理,对螃蟹公母进行判断并检测螃蟹甲壳长度,结果由 PC 机发送给 Arduino,经过一段延时,螃蟹通过称重传感器时对螃蟹进行称重,将重量和体积计算出螃蟹肥满度,分选模块中多级分拣工位出料滑梯与传送带相衔接,传送带两侧呈对称设置若干收料筐,每一个收料筐对应配备一个旋转挡臂和气缸,根据公母与肥满度等级,通过继电器控制电磁阀通断,实现对应等级工位的气缸摆动,将螃蟹拨到对应等级分拣框中,实现品质分级。

基于机器视觉的螃蟹分拣装置具体工作流程,如图 1 所示。

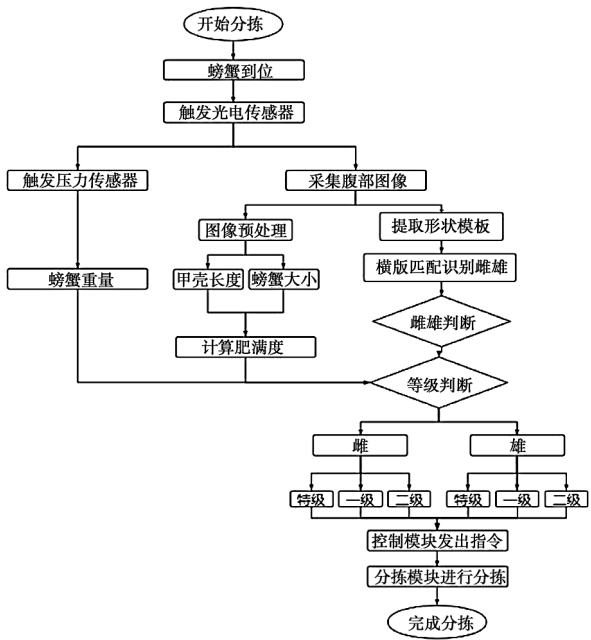


图 1 螃蟹分拣装置的具体工作流程

**基金项目:**江苏省重点研发计划(BE2022385),江苏省现代农机装备与技术示范推广项目(NJ2021-03)

2 基于机器视觉的雌雄判别技术

利用机器视觉提取螃蟹腹部尖脐的特征并识别雌雄,需要对采集的图像进行处理,得到螃蟹的腹部关键信息,再基于特征匹配模型对螃蟹进行公母分类。相机在拍摄螃蟹图像时,极容易受到拍摄角度、灯光、相机镜头以及螃蟹爬行的影响,使图像出现倾斜、失真的情况,因此需要使用校准模板对图像进行非线性校准,而后对图像进行预处理,采用的步骤依次为图像的灰度化、图像滤波、图像分割、特征信息的提取、创建形状模板以及提取图像信息<sup>[3-4]</sup>,最终得到想要的螃蟹腹部脐的特征图。以雄性螃蟹的尖脐作为参照模板进行形状匹配,并利用图像滤波滤除外界的干扰信号,留下螃蟹腹部形状特征。模板匹配时设定的参数要保证对应上最初创建模板时设置的参数,以满足模板匹配时的速度、精确度需求。匹配时,模板能够进行旋转和缩放,以满足螃蟹的活动需求。若成功匹配到尖脐,则表明是雄蟹,反之则为雌蟹,具体如图 2 所示。



图 2 基于机器视觉的螃蟹雌雄判别

3 螃蟹肥满度信息获取

重量是衡量螃蟹品质最基本和最常用的指标,市场上不同重量的螃蟹销售价格也相差巨大。多数情况下,螃蟹的重量越大,可供食用的肉质就越多,价值越高。不同重量的螃蟹会存在品质区别,蟹可食用部分包括:蟹肉、性腺和肝胰腺 3 部分,肥满度越大,蟹体越肥满,品质相对较好。所以,引入肥满度标准实现螃蟹品质分级。将不同规格螃蟹以肥满度指标分为三个等级,肥满度计算公式为  $K = (W / L^3) \times 100\%$ , 式中  $W$  为体重(g),  $L$  为甲壳长(cm)<sup>[5]</sup>。具体分级,如表 1 所示。

表 1 螃蟹肥满度等级分类

| 雌蟹质量(g) | 肥满度 ≥ |       |       | 雄蟹质量(g) | 肥满度 ≥ |       |       |
|---------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
|         | 一级(%) | 二级(%) | 三级(%) |         | 一级(%) | 二级(%) | 三级(%) |
| 100~150 | /     | 51    | 48    | 150~200 | /     | 62    | 58    |
| 150~200 | 52    | 49    | 46    | 200~250 | 64    | 60    | 56    |
| 200~250 | 51    | 47    | 44    | 250~300 | 62    | 58    | 54    |
| >250    | 50    | 46    | 43    | >300    | 60    | 56    | 52    |

3.1 基于图像处理的螃蟹甲壳长度获取

螃蟹甲壳长度获取具体流程如图 3 所示,为了得到螃蟹的甲壳长度,同样需要对拍摄的图像进行预处理,并且需要将螃蟹从背景中分割出来。本方法采用的预处理步骤依次为图像标定、图像滤波、图像增强、图像分割、二值化处理、形态学处理<sup>[6-7]</sup>。根据分割后的图像可以计算螃蟹甲壳长度。

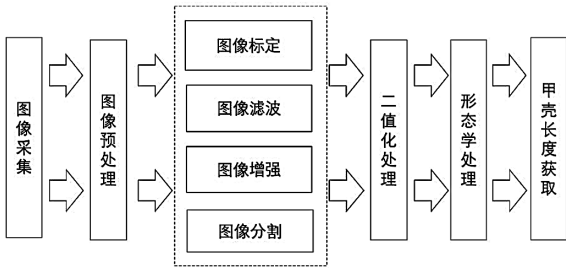


图 3 螃蟹长度与宽度测量

3.2 基于传感器的重量信息获取

螃蟹重量获取的具体过程如图 4 所示,螃蟹称重由压阻式应变传感器与 A/D 转换模块实现,螃蟹经过压力传感器上方时,其中的弹性元件发生应力和应变的变化,电阻应变片将这一变化转化成电阻的变化,最后通过电桥转化成输出电压的变化<sup>[8-9]</sup>,

使用 HX711A/D 转换模块进行量化和编码,完成模拟量到数字量的转换,进而得到螃蟹重量,通过串口监视器读出数据,再把数据输出结合视觉模块得到的甲壳长度结合进行肥满度计算。

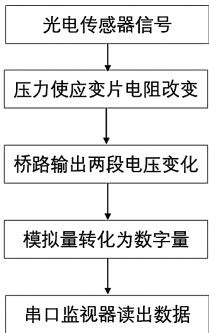


图 4 重量信息获取流程

4 分拣装置硬件设计

基于机器视觉的螃蟹分拣装置由传送带、照明灯、CCD 相机、光电传感器、压力传感器、Arduino 控制系统、变频器、PC 机以及多级分拣工位组成。其中传送模块由电机、皮带轮、转轴、传送带、光电传感器、压力传感器组成;分选模块由电磁换向阀、气缸、分选臂、出料滑梯与分选框组成;视觉模块由 CCD

相机、镜头、光源与相机支架组成;控制模块由工控机、显示器、Arduino、变频器、继电器组成。

通过变频器控制电机带动传送带实现螃蟹输送,螃蟹检测则通过光电传感器实现,传感器在检测到物体经过时发出信号给 PC 机,PC 机控制相机获取图像并进行图像获取与处理,输出螃蟹公母与甲壳长度信息,结合螃蟹重量得到螃蟹肥满度信息。通过电磁换向阀控制气缸来实现对分选臂的控制,而电磁换向阀由继电器控制。光电传感器、压力传感器的信号接收与继电器的控制都通过 Arduino 实现,Arduino 与 PC 机之间通过 RS232 通信协议进行通讯。该分拣系统的整体结构模型,如图 5 所示。

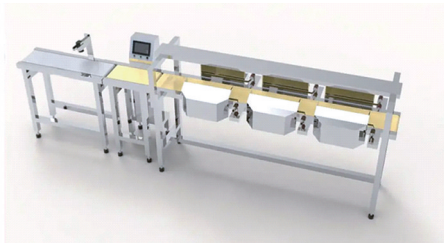


图 5 分拣系统的整体结构模型

5 分拣装置软件设计

螃蟹自动分级系统的开启、关闭、分拣等各项动作都是由 Arduino 控制的,其控制程序利用基础的 C 语言进行编写。螃蟹自动分级系统软件流程,如图 6 所示。

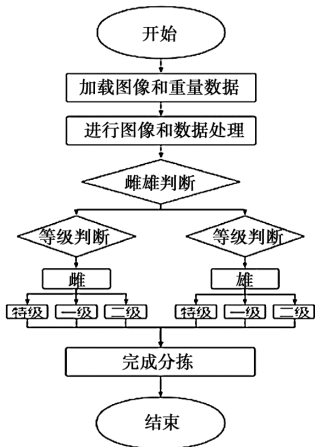


图 6 螃蟹自动分级系统软件流程

6 试验验证

使用不同等级的雌雄螃蟹各 20 只进行了分级实验,每只螃蟹做好品质等级标签后混合随机进行分级实验,最终得到螃蟹公母与肥满度识别准确率指标。最终实验结果如表 2 和表 3 所示,从中可以看出,雌雄螃蟹的识别平均准确率为 97.5%,肥满度平均识别准确率为 97%,证实了分级装置的可靠性,具有重要的参考价值。

表 2 螃蟹公母分拣结果

| 等级 | 测试样本数量 | 测试结果 | 准确率(%) |
|----|--------|------|--------|
| 公  | 60     | 58   | 96.7   |
| 母  | 60     | 59   | 98.3   |

表 3 螃蟹肥满度分拣结果

| 等级 | 测试样本数量 | 测试结果 | 准确率(%) |
|----|--------|------|--------|
| 一级 | 40     | 38   | 96     |
| 二级 | 40     | 39   | 97.5   |
| 三级 | 40     | 39   | 97.5   |

7 结语

为提高螃蟹分拣精确度与效率,设计了一种基于机器视觉的螃蟹智能分拣分级装置。通过对机器视觉技术和 Arduino 系统的融合和运用,设计了一套智能分拣装置的总体方案,包括其硬件、软件设计,并最后设计实验进行验证。实验结果表明:该智能分拣装置平均识别准确率高达 97%,基本满足品质分级需求,分拣效率高,有效规避人工分拣产生的问题,减少了人力、物力资源的消耗,有利于螃蟹养殖产业的进一步发展。

参考文献:

[1] 石海军. 基于光谱图像技术的中华绒螯蟹品质鉴别研究[D]. 镇江:江苏大学,2019.

[2] 李思发,蔡完其,邹曙明,等. 阳澄湖中华绒螯蟹品质分析[J]. 中国水产科学,2000(3):71-74.

[3] 张旭明,徐滨士,董世运. 用于图像处理的自适应中值滤波[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(2): 295-299.

[4] 陈卓,方纪昊,王太良,等. 基于机器视觉的苹果分级方法研究[J]. 机电信息,2018(30):156-157.

[5] 郑海波. 中华绒螯蟹的品质分析与比较[D]. 无锡:江南大学,2008.

[6] Xu Liming, Zhao Yanchao. Automated strawberry grading system based on image processing[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 71(2): 32-39.

[7] Momin M A,Rahman M T,Sultana M S,et al. Geometry-based mass grading of mango fruities using image processing[J]. Information Processing in Agriculture, 2017,4(2):150-160.

[8] 张国鸣,李生茂,赛喜雅拉图. 基于应变式压力传感器的称重定量装置零点校准方法[J]. 制造业自动化, 2022,44(3):213-216+220.

[9] 王京攀,徐世许,云善起,等. 输送带型材自动称重管理系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置,2021(4):72-75.

作者简介:王 涵,女,2002 年生,本科生。研究方向为河蟹智能分拣。