

基于机器视觉的大黄鱼形态参数快速检测方法

余心杰¹ 吴雄飞² 王建平² 陈立^{1,3} 王磊^{1,3}

¹(浙江大学宁波理工学院信息科学与工程学院 宁波 315100)

²(宁波市海洋与渔业研究院 宁波 315010)

³(太原科技大学电子信息工程学院 太原 030024)

摘要 大黄鱼形态参数测量对大黄鱼养殖遗传选育和品质改良等具有重要意义。文章结合机器视觉和称重传感器技术,设计开发了一种大黄鱼体重、体长和体宽等外部形态多参数同步自动检测系统。该系统通过机器视觉自动检测鱼体外部形态参数,通过称重传感器自动获取鱼重量参数。实验结果表明,系统的尺寸测量平均误差为0.28%,鱼重测量平均误差为0.74%,可以满足大黄鱼形态参数测量精度要求,为鱼类形态参数自动检测提供了一种有效的新途径。

关键词 大黄鱼;形态参数;机器视觉;图像处理;快速检测

中图分类号 TP 212.9 **文献标志码** A

Rapid Detecting Method for *Pseudosciaena Crocea* Morphological Parameters Based on the Machine Vision

YU Xinjie¹ WU Xiongfei² Wang Jianping² CHEN Li^{1,3} WANG Lei^{1,3}

¹(Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University Ningbo 315100, China)

²(Ningbo Ocean and Fishery Research Institute, Ningbo 315010, China)

³(Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract Morphological parameter measurement of *Pseudosciaena Crocea* plays an important role in its genetic selection and quality improvement. In this paper, an automatic detecting system which can measure the *Pseudosciaena Crocea* morphological parameters such as weight, length and body width was developed based on the machine vision and weighing sensor technology. The system can automatically detect the external morphology parameters by the machine vision, and get weight parameters through the weighing sensor. The mean errors of dimensional measurement and weighting are 0.28% and 0.74% respectively, which shows that the developed system can completely meet the requirements of morphological parameter measurement for *Pseudosciaena Crocea*. It is a new effective method to the automatic detection of fish morphology parameters.

Keywords *Pseudosciaena Crocea*; morphological parameter; machine vision; image processing; rapid measurement

收稿日期: 2014-08-19

基金项目: 国家自然科学基金(31201446); 宁波市自然科学基金(201301A6101002); 宁波市民生科技项目(2013C11026); 宁波市农业重大科技攻关项目(2011C11006); 宁波市科技创新团队项目(2013B82012)

作者简介: 余心杰(通讯作者), 副教授, 研究方向农产品快速无损检测技术, E-mail: xjyu1979@163.com; 吴雄飞, 研究员, 研究方向为水产经济动物繁殖与发育、育种与增养殖技术; 王建平, 研究员, 研究方向为水产养殖病害防治技术; 陈立, 硕士研究生, 研究方向为模式识别与图像处理; 王磊, 硕士研究生, 研究方向为模式识别与图像处理。

1 引言

大黄鱼是我国主要经济鱼类之一^[1,2]。在大黄鱼形态学研究过程中,需要通过准确获取大黄鱼的外部形态参数信息,并对大黄鱼的体长、体重、脊椎骨和体态特征部位的比值等可数性状或可量性状进行统计分析比较,以此来区分辨别各种群之间的差异程度,进而为大黄鱼养殖遗传选育和品质改良提供科学依据。因此,研究快速检测大黄鱼形态参数的方法对推进大黄鱼产业发展具有重要意义。

传统大黄鱼形态参数测量主要是依靠手工测量方法^[3,4]。在手工测量过程中,需要采用直尺对大黄鱼的体态特征部位逐一手工比对测量,劳动强度大、效率低下,测量准确难以保证。此外,由于手工测量耗时过长,往往会造成大黄鱼死亡,无法满足大黄鱼遗传选育等研究工作对大黄鱼活体检测的要求。近年来,针对鱼类形态参数快速检测实际需求,学者们已开展了各种鱼类形态参数快速检测方法研究。例如,赵峰等^[5]利用机器视觉技术,通过带刻度的测量板校准,实现了鱼外形特征点之间的距离自动测量。然而

该方法尚无法同步检测鱼的重量信息。王继隆等^[6]设计了一种鱼类称重、测长装置,该装置利用台秤加上带刻度的托盘,解决了对鱼类称重、测长多参数同步测量的问题。但是,该方法只能对鱼体长度参数进行测量,无法实现其他形态参数测量,且无法实现计算机自动检测和存储。张志强^[7]利用回归分析的方法建立了鱼体各部位特征参数与质量的关系模型,虽通过对鱼体图像特征进行提取,便可实现对其质量的预测分级,但由于进行了二值化等处理滤除了鱼体的相关生物学信息。

总之,目前虽有对鱼体形态参数检测的各种方法研究,但尚无法满足鱼体形态多参数快速同步检测的需要。因此,本文拟结合机器视觉和称重传感器技术,研究一种满足大黄鱼重量和外部形态多参数快速、同步的自动检测方法,为鱼类形态参数检测提供有效新途径。

2 硬件平台设计

检测系统的硬件平台由暗箱主体、采集相机和计算机三部分组成,具体结构如图1所示。其

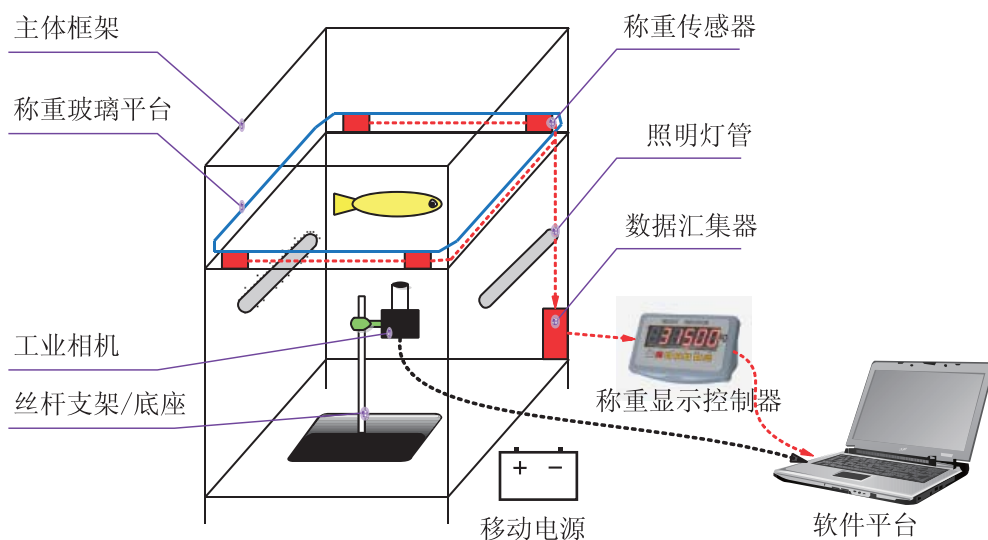


图1 图像采集系统

Fig. 1. Image acquisition system

中, 暗箱主体包括: 支承框架、称重系统、照明灯管和移动电源。而称重系统又包括: 玻璃称重平台、称重传感器、数据汇集器、称重显示控制器、RS232 数据线和 USB 数据线。采集相机包括: 工业相机、丝杆支架和 USB 数据线。

暗箱的尺寸为 60 cm×40 cm×100 cm。主体框架采用可拆装式结构, 结构紧凑, 便于户外携带安装。移动电源可以交直流输出, 满足照明灯管、称重显示控制器和电脑的用电需求。

称重系统用来获取大黄鱼的重量参数, 将 4 个称重传感器分别固定在支撑框架的横杆上, 上面放置尺寸为 55 cm×40 cm 的轻质钢化玻璃作为称重平台。数据汇集器可将 4 个称重传感器各自获取的重量数据进行整合, 并将整合后的数据通过 RS232 数据线送至称重显示控制器 (XK3190-A27E) 进行显示。电脑通过 USB 接口数据线完成对称重显示控制器的设置, 并保存其上传的大黄鱼重量数据。单个称重传感器的称重范围为 0~5 kg。

图像的采集选用彩色工业相机 (SJM-300A/

USB2.0), 光学尺寸 1/2", 像素 3.0 Megapixels, 分辨率 2048×1536, 焦距 6~12 mm。电脑通过 USB 接口数据线完成对相机的参数设置。

3 软件系统开发

3.1 软件设计

检测系统的软件设计采用模块化的设计思想, 采用 Microsoft Visual Studio 2012 作为开发环境, 选择 C# 语言编写。软件平台的模块结构如图 2 所示, 主要包括数据集的新建和导入、参数设置和标定采集三大部分。软件操作主界面如图 3 所示。

新建数据集可以将所要采集的图像及数据保存在电脑的指定位置。通过导入数据集即可查看之前已经保存的图像和数据, 并可以重新进行标记测量。为便于分析, 数据以 Excel 格式保存, 图像则采用 jpg 格式保存。

参数设置部分可完成对相机参数、图像处理参数和称重参数的设置。其中, 相机参数设置包

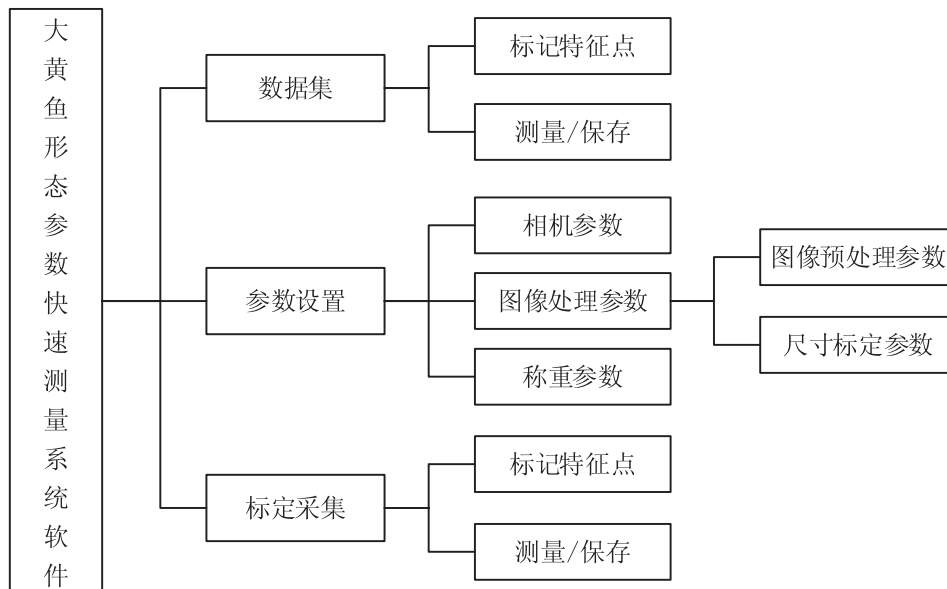


图 2 软件平台结构图

Fig. 2. Structure diagrams of the software



图3 软件主界面

Fig. 3. Main interface of the software

括相机工作模式的设置、触发设置、曝光时间和颜色设置等。图像处理参数设置包括图像预处理参数和尺寸标定预设参数设置。图像参数预处理可以实现对图像阈值分割值和中值滤波值的手动设置。参考相机给出的技术参数和实际图像效果进行经验调整,使得每一组的图像都可以达到最佳的效果。称重参数设置包括通信串口选择、波特率的设置和数据接收模式的选择。

标定采集部分可以实现对相机标定、图像采集、特征点标记、原始图像恢复、图像放大缩小和直线弧度测量等功能。原始图像恢复后可以重新标记特征点。

3.2 图像采集与处理

在大黄鱼采集过程中,首先将大黄鱼进行麻醉,避免在测量过程中大黄鱼的跳动影响图像的准确采集操作。然后将大黄鱼放置在检测平台上:鱼体平整摆放,尾部展开。然后进行图像采集。

原始图像由于各种因素会含有干扰噪声,图像的边缘达不到足够清晰的要求,因此在对大黄鱼体型图像特征参数检测提取之前,需对图像进行分割、滤波和去噪声等预处理。软件平台的图像预处理参数设置功能可以对图像阈值分割值和中值滤波值进行设置。阈值分割法是一种基于区域的图像分割技术,软件可根据图像明暗质量来手动设定不同的特征阈值,把图像中的大黄鱼外形轮廓和背景进行有效分开,以便对特征点进行标记和测量。中值滤波算法是一种能有效抑制噪

声的非线性平滑滤波算法。在图像处理时,可以保持图像的边缘特性,使图像不会出现明显的模糊现象。通过设置软件中的中值滤波值,可以清晰明显地突出大黄鱼的轮廓边界,方便大黄鱼外形特征点的选取。

3.3 特征标记与测量

系统可以实现采集的大黄鱼特征数据包括:全长、全宽、体长、体宽、头长、尾柄长、尾柄高、面积和重量等9个参数。其中,重量参数由称重传感器获取。图4为在测量中所需要标记的部分特征点。其中,AB表示头长,AC表示体长,AD表示全长,CD表示尾柄长,EF表示背鳍前端处体宽,GH表示体宽,MN表示尾柄高。在软件系统中,标记好上述特点后,相关尺寸参数将自动根据相机标定值进行计算,实现尺寸测量。

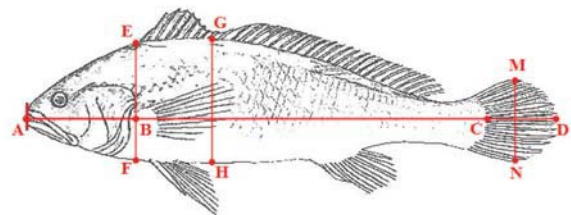


图4 特征点选取与标记

Fig. 4. Select and mark feature point

4 数据处理与验证分析

由于原始图像上的特征点标记由手动来完成,在选取特征点时会有偏差。对图像放大精确到单个像素点标记也会失去实际的意义,比如A点,A点所在的竖线都可以被标记为A点。而且特征点B、C、D在实测过程中也不一定会处在同一直线上。在去除亚像素边缘的影响后,特征点选取时标记点位置误差就成为了主要的误差。

为了检测软件测量的真实误差限,选取标准尺寸物体进行对照测量。在本实验中,将钢直尺截断成不同的标准尺寸,进行标记识别测量。在

测量中, 将标准尺寸在相机视野内的不同位置任意角度放置, 所得测量结果如表 1 所示。

将数据整理为图 5。

从图 5 可以看出, 绝对误差随着基准值的增加而增加, 但增加的幅度并不均匀, 这与相机镜头固有的非线性畸变有关, 相对误差的不均匀变化也可以说明这一点。可以看出平均相对误差限为 0.28%, 可以满足大黄鱼体形参数测量要求。选取了 10 条不同长度的大黄鱼进行了软件标记测量和手工直尺实验对比, 数值对比结果见表 2。表中只选取了头长、体长、全长、体宽和尾柄长数据作为对比。

表 2 中大黄鱼各类尺寸实际测量的平均相对误差略大于表 1 中标准直尺的平均相对误差。这是由于直尺图像的边缘清晰, 易于特征点提取。而在大黄鱼实测中的图像边缘阴影等问题, 增加了亚像素在边缘提取时的准确度, 导致误差增大。根据大黄鱼测量试验结果, 最大的误差值为 0.36%, 最小的误差为 0.22%, 能够满足各类研究对大黄鱼形态测量的误差要求。

重量数据采集过程中, 首先要对称重传感器串口参数进行设置, 之后采用标准砝码对称重显示控制器进行称重传感器标定校准。表 3 是对 10 条大黄鱼的重量数据实际采集实验结果, 表

表 1 标准尺检测值与实测值比较

Table 1. Measured value and detection value of ruler

基准值 (mm)	实测值 (mm)							平均值 (mm)	绝对 误差 (mm)	相对 误差 (%)
	1	2	3	4	5	6	7			
50	49.99	50.35	50.35	49.99	49.99	50	50.35	50.15	0.15	0.29
100	99.98	101.05	99.98	99.98	99.98	101.41	99.98	100.34	0.34	0.34
150	149.97	150.33	150.69	150.33	150.69	150.33	149.97	150.33	0.33	0.22
200	200.68	200.68	199.96	200.32	200.32	200.32	200.68	200.42	0.42	0.21
250	251.02	250.67	250.31	250.67	251.02	250.68	251.02	250.77	0.77	0.31
300	301.37	300.66	300.30	301.37	301.73	301.02	301.02	301.07	1.07	0.36
350	350.65	351.36	350.29	350.65	349.93	351.37	351.01	350.75	0.75	0.21
平均值										0.28

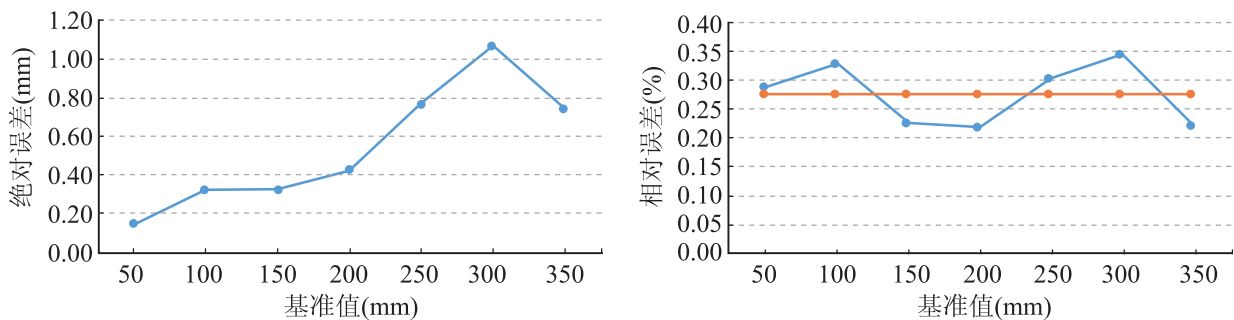


图 5 绝对误差和相对误差

Fig. 5. Absolute and relative errors

表 2 大黄鱼检测值与实测值比较

Table 2. Measured value and detection value of *Pseudosciaena Crocea*

测量指标	序 号										平均 值	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
软 件 测 量 值 (mm)	头长 AB	35.49	40.17	40.89	46.61	49.88	52.10	56.68	57.05	64.93	66.59	
	体长 AC	164.92	184.14	195.04	219.94	222.98	244.85	255.8	255.89	289.74	307.86	
	全长 AD	180.17	207.75	213.91	245.18	253.21	274.09	287.77	291.8	323.54	340.14	
	体宽 GH	47.07	54.75	57.04	63.64	68.61	73.72	75.55	75.89	80.45	82.78	
	尾柄长 CD	16.53	22.64	20.87	25.24	30.23	29.24	31.97	33.91	33.80	32.28	
手 工 直 尺 测 量 值 (mm)	头长 AB	35.58	40.26	41.01	46.77	49.99	52.26	56.88	57.25	65.13	66.78	
	体长 AC	165.48	184.65	195.57	220.49	223.71	245.47	256.58	256.79	290.71	308.68	
	全长 AD	180.72	208.26	214.6	245.97	253.91	275.07	288.8	292.8	324.48	341.08	
	体宽 GH	47.19	54.91	57.23	63.84	68.77	73.91	75.82	76.15	80.67	83.02	
	尾柄长 CD	15.23	23.62	19.03	25.48	30.20	29.60	32.22	36.02	33.76	32.40	
相 对 误 差 (%)	头长 AB	0.25	0.23	0.29	0.34	0.22	0.30	0.36	0.34	0.31	0.29	0.29
	体长 AC	0.34	0.27	0.27	0.25	0.33	0.25	0.30	0.35	0.33	0.27	0.30
	全长 AD	0.30	0.25	0.32	0.32	0.28	0.35	0.36	0.34	0.29	0.27	0.31
	体宽 GH	0.26	0.30	0.33	0.31	0.23	0.26	0.35	0.34	0.27	0.29	0.30
	尾柄长 CD	-8.51	4.14	-9.68	0.94	-0.09	1.22	0.77	5.85	-0.11	0.36	-0.51

表 3 重量数据采集实验分析

Table 3. Weight data analysis

序号	获取值(g)	单测值(g)	绝对误差(g)	相对误差(%)
1	108.23	106.97	1.26	1.18
2	168.65	166.84	1.81	1.08
3	187.04	185.42	1.62	0.87
4	260.08	257.96	2.12	0.82
5	278.83	276.21	2.62	0.95
6	341.37	338.91	2.46	0.73
7	391.82	389.87	1.95	0.50
8	406.68	404.96	1.72	0.42
9	529.33	526.67	2.66	0.51
10	609.41	607.40	2.01	0.33
平均值			2.02	0.74

中获取值是指通过本装置称重平台获取的重量值(在室外环境下进行测量), 单测值是指大黄鱼在电子秤(1000 g/0.01 g)上单独测量的值(在室内封闭环境下测量, 用做标准对比值)。

从表 3 可以看出, 称重平台对不同大黄鱼重量实测的最大绝对误差达 2.66 g, 最大相对误差为 1.18%, 其主要原因是在实测过程中, 系统的称重玻璃平台由于受到了外界风、随机振动等因素影响, 使得采集到的重量数据有随机误差。根据实验结果, 称重的平均相对误差值为 0.74%, 能满足各类研究对大黄鱼体重参数测量误差的要求。

5 结 论

本文设计开发了一种大黄鱼形态参数快速检测系统, 可以实现对大黄鱼体重、体长和体宽等各类参数的同步检测与采集。与传统各类鱼体形态参数测量方法相比, 该系统具有多参数快速、同步测量的优势, 且装置的硬件平台可以实现便捷拆装, 便于到养殖现场组装使用, 可以代替手工进行快速现场测量。软件平台采用 C# 图形化编写界面, 易于修改调试维护。系统检测实验结

果表明, 其鱼体尺寸测量平均误差值为 0.28%, 鱼体重量测量平均误差值为 0.74%, 能满足大黄鱼形态测量要求。该系统为鱼类外部形态参数检测提供了一种有效的新途径。

参 考 文 献

- [1] 张祖兴, 李明云. 大黄鱼种质资源研究进展 [J]. 水产科学, 2006, 25(7): 376-379.
- [2] 陈卫忠. 东海区主要经济鱼类资源近况 [J]. 海洋渔业, 1994, 16(4): 163-167.
- [3] 陈慧, 陈武, 林国文, 等. 官井洋种群网箱养殖大黄鱼的形态特征与生长式型 [J]. 海洋渔业, 2007, 29(4): 331-335.
- [4] 丁文超, 李明云, 管丹冬, 等. 大黄鱼 4 个家系的形态差异分析 [J]. 宁波大学学报(理工版), 2009, 22(2): 185-190.
- [5] 赵峰, 庄平, 章龙珍, 等. 一种鱼类外部形态指标测量的方法: 中国, CN102165923A [P]. 2011-08-31.
- [6] 王继隆, 刘伟, 唐富江. 一种鱼类称重、测长装置: 中国, CN203053535U [P]. 2013-07-10.
- [7] 张志强, 牛智有, 赵思明, 等. 基于机器视觉技术的淡水鱼质量分级 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 350-354.