

基于数据融合技术的智慧养殖服务平台

张超^{1,2}, 徐轶群^{1,2}, 万隆君^{1,2}

(1. 集美大学轮机工程学院 福建 厦门 361021; 2. 福建省船舶与海洋工程重点实验室 福建 厦门 361021)

[摘要] 针对近岸养殖海域管理效率低、传统养殖服务平台数据融合度差的问题,以养殖海域为对象,运用高分辨率摄像数据、高分辨率卫星遥感数据、卫星定位数据、水质环境监测数据、养殖区域规划数据等的融合算法,研发智慧养殖公共服务平台,实现海域环境电子围栏、养殖密度监测、海洋执法等智慧化应用。提出利用基于 Canny 算子的 HSV 预处理算法对养殖密度进行检测。结果表明:相比传统方法智慧养殖服务平台的监测数据更接近于实际养殖密度,该研究对海水养殖的生产管理、政府执法、海洋环境保护等具有现实意义。

[关键词] 智慧养殖; 数据融合; 养殖密度检测; 高分三维系统; 服务平台

[中图分类号] P75

Construction of Intelligent Breeding Service Platform Based on Data Fusion Technology

ZHANG Chao^{1,2}, XU Yiqun^{1,2}, WAN Longjun^{1,2}

(1. School of Marine Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. Fujian Province Key Laboratory of Naval Architecture and Marine Engineering, Xiamen 361021, China)

Abstract: This paper takes the aquaculture sea area as the object, and studies the fusion algorithm of high-resolution camera data, high-resolution satellite remote sensing data, satellite positioning data, water quality monitoring data, and aquaculture area planning data. A public service platform for smart aquaculture has been developed to realize intelligent applications such as electronic fencing of marine environment, monitoring of breeding density, and marine law enforcement. The research of the thesis is of great significance to the management of mariculture production, government law enforcement, and marine environmental protection.

Keywords: smart farming; data fusion; breeding density detection; high score three-dimensional system; service platform

0 引言

随着海域养殖业的持续发展,传统的管理方式及信息系统已经无法满足现代养殖业的发展^[1]。构建智慧养殖服务平台,切实推动近海绿色健康养殖,保障近海渔业作业安全势在必行,海洋大数据科学的发展为平台的构建提供了技术支撑^[2]。李志炜等^[3]设计并开发了基于 OSG Earth 框架的海洋环境数据三维可视化系统,对海面高度数据、气象站数据、高空气象探测数据进行了呈现;王思又^[4]

[收稿日期] 2021-10-19

[基金项目] 国家自然科学基金项目(16PFW034SF02)

[作者简介] 张超(1995—),男,硕士生,从事多源信息融合及船岸系统研究。通信作者:徐轶群(1963—),男,教授,硕导,从事卫星通信与海洋监测研究。E-mail:xnzh11189@163.com.

<http://xuebaobangong.jmu.edu.cn/zkb>

对海洋水文要素数据的分辨率、空间范围、分层等维度条件进行多维要素数据融合,将多个同一要素下的多维数据经过融合处理,存储到一张数据表中;王琳等^[5]设计了一种多元信息融合仿真系统,在融合处理火控雷达、数据链、地理信息系统等数据的基础上,利用融合后的目标信息引导光电系统进行协同探测,实现了对目标的快速精准瞄准。然而目前的研究存在地图分辨率低,数据融合程度低、融合对象单一等问题。

本文以近海经济活动为研究对象,通过多源数据融合算法,对高分地理数据、位置数据、区域功能划分数据、视频数据进行了多尺度、多种类的数据融合,构建一套智慧养殖服务平台。该平台由 Cesium 和 ArcGIS Enterprise 服务器组件,可以改进用户体验方式,增加信息获取类型,进一步挖掘数据潜力,减少人力资源损耗。

1 平台架构与功能设计

1.1 平台架构设计

该 B/S (browser/server) 系统分为表现层、服务层、数据层和支撑层,如图1所示。

表现层分为高分卫星界面、船舶/网箱管理查询界面和预警救险界面三个功能模块;服务层分为图层服务和应用服务,分别为表现层高分辨率图层快速解析和应用模块功能实现提供支持;数据层实现对海量的影像及属性数据和空间高分数据的存储和访问;感知层为系统开发提供数据支持。系统采用 Cesium 离线图层作为底图,高分影像图层文件类型为 .tif 格式,养殖密度图层文件类型为 .png 格式,均属于无损压缩格式,能够在保证图像质量的同时最大化减小图层占用的内存空间,提高系统流畅性。系统运行环境为各版本浏览器兼容。

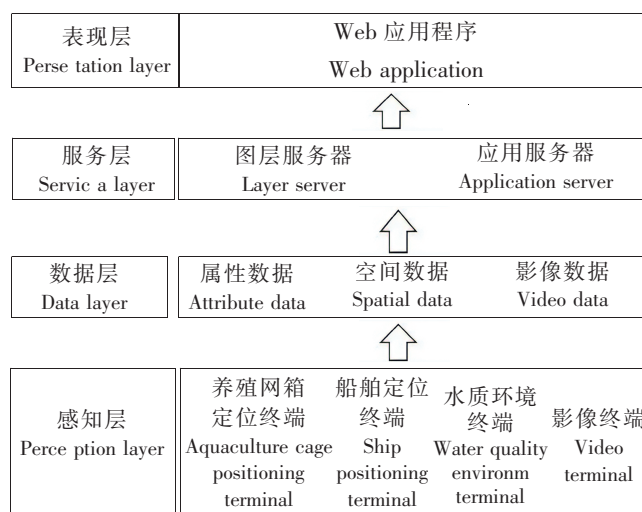


图1 系统结构设计

Fig.1 System structure design

1.2 平台功能设计

根据近海管理和渔民实际需求,系统将功能分为3大模块11个互相联动的功能点,方便用户使用,功能模块设计如图2所示。

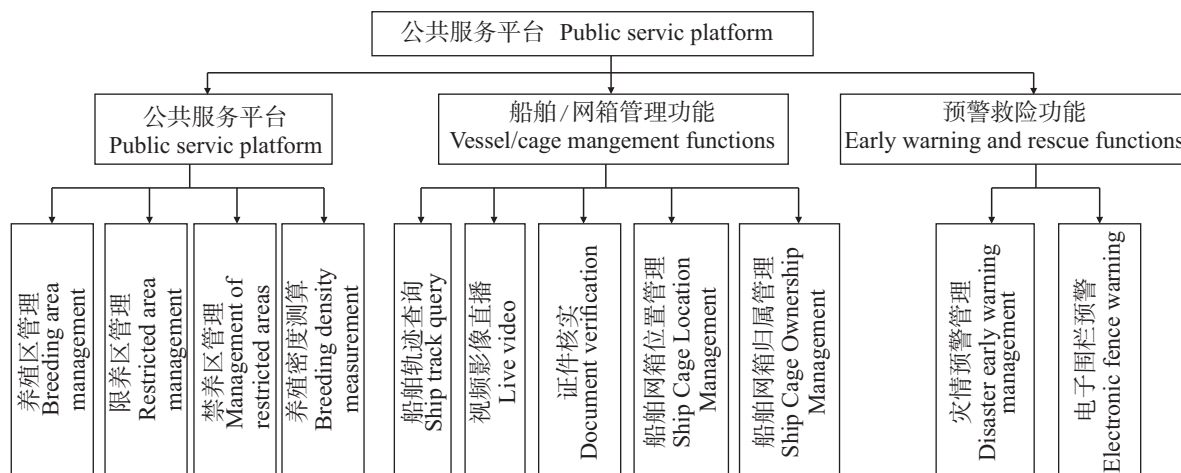


图2 功能模块图

Fig.2 functional module

2 多源时空数据融合算法

2.1 基于 Canny 算法的 HSV 预处理养殖密度检测

Canny 边缘检测算子是一个多级边缘检测算法^[7], 许多学者对 Canny 算子进行了改进, 使其满足自己的需求。李静等^[8]进行了自适应高斯滤波和 Scharr 函数的 Sobel 算子内核替换, 得到了比传统 Canny 算法信息缺失更少的结果; 许宏科等^[9]引进 Otsu 算法, 根据图像灰度生成高低阈值, 在检测到更多边缘细节的同时, 也具备较强的自适应性; Bao 等^[10]在 Canny 边缘检测的框架内分析了尺度乘法技术, 使边缘检测性能得到了提高。

但该算法在海洋卫星图像下的养殖密度监测方面的应用, 并没有表现出较好的效果, 主要原因是滩涂、船舶尾迹及浅水区域在卫星图像中占较大的区域, 传统边缘检测会将这部分区域识别为边缘, 从而对最终的密度测算产生较大误差。本文提出了基于 Canny 算法的 HSV 预处理边缘检测算法, 将 RGB 颜色空间转换为 HSV 多维矩阵, 进一步对该多维矩阵进行调整, 确定最佳参数, 在保证养殖网箱检测的准确性的同时, 将滩涂、船舶尾迹及浅水区域影像等干扰因素滤除, 使其达到实际应用的要求。将此时影像对应的灰度图层与养殖水域图层做差, 对做差后的灰度图做 Canny 边缘检测^[11-12], 消除网箱内部的空穴, 最终得到网箱的识别图。通过将同分辨率下的养殖网箱与养殖海域的二分图中黑色像素数量进行对比, 得出养殖密度数值, 如图 3 所示。

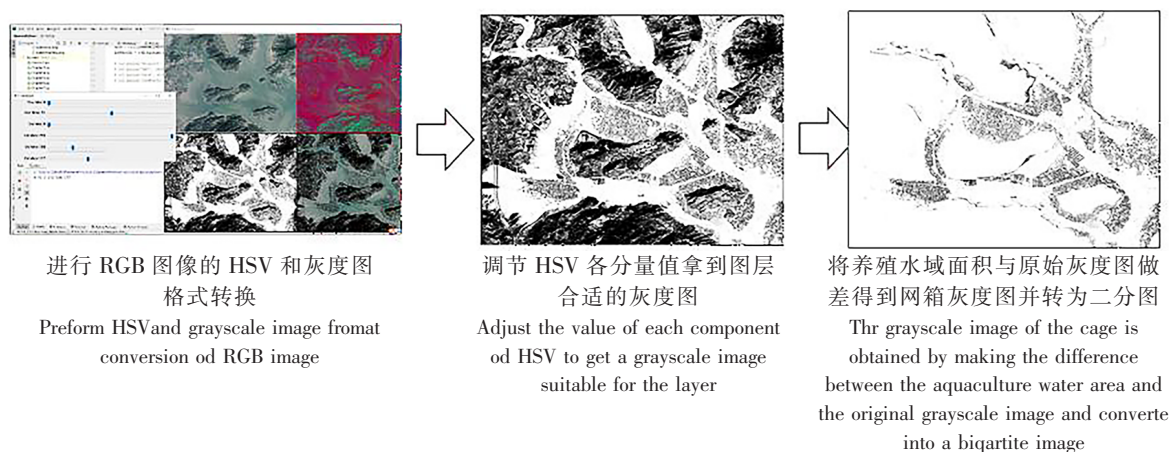


图 3 养殖网箱密度图层制作流程

Fig.3 Production process of cage density layer for aquaculture

图 4 对三种算法得到的结果进行了直观展现。图 4a 为传统 Canny 算法对高分卫星图像单一处理后的结果, 可以直观地发现该处理对养殖网箱的识别边界清晰, 但不能将船舶的海上航迹滤除, 导致最终的养殖密度结果比实际值偏高, 填充空穴后最终测算出的养殖密度为 34%; 图 4b 为将传统 RGB 颜色坐标下的图像转为 HSV 颜色坐标, 然后对色调、饱和度和明度进行适度调整后得到的最佳效果, 该方式能够将海上的船舶航迹造成的误差进行滤除, 但同时也会对养殖网箱的识别有一定程度的侵蚀, 导致最终计算出的养殖密度为 13%; 图 4c 为基于 Canny 算法的 HSV 预处理检测得到的最终检测结果, 相比于前两种方法该方法既保持了清晰的养殖网箱轮廓, 同时滤除了海上的船舶航迹噪声, 最终得到的养殖密度结果为 25%; 手工检测指在卫星图层上对养殖网箱进行

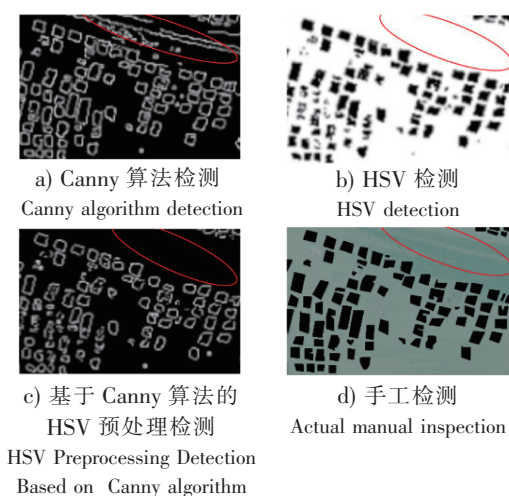


图 4 三种检测方法与实验结果对比

Fig.4 Comparison of three detection methods with experimental results

手工标注, 然后进行密度检测的方法, 此方法检测得到养殖密度为 20%, 如图 4d 所示, 本文以此方式得出的养殖密度结果作为实际标准结果。

2.2 多层融合算法

2.2.1 图像配准与融合

采用地面差分站进行二次处理的 4 星 13 频定位终端对目标地区图层进行关键点像素标定, 其中 4 星指的是 4 个卫星导航系统, 13 频指的是接收机可以解析的 13 个频点支路, 该种定位信息能够提供更为精确的位置信息, 配合地面差分站对数据的差分操作, 得到最后的精确坐标信息。在无坐标信息的高分卫星图层中输入其中四个位置点标定的精确位置信息, 配合 Arcmap 中的关键点位置矫正处理, 得到最终的厘米级精度配准卫星图。将精确配准过的各功能图层进行叠加, 使图层的属性信息进行融合, 得到最终的综合展示图层, 点击展示图层可以得到对应区域的融合信息效果, 如图 5 所示。



图 5 图层融合叠加示意图

Fig.5 Schematic diagram of layer fusion and overlay

2.2.2 图像分层

高分卫星图层为 19 级高精度地图, 300 km² 的显示范围需要 10 GB 的存储空间, 采用 Sift 算子^[13]中的金字塔构建方式, 在二维图像中加入尺度维度, 构建高斯金字塔并在 Web 中呈现。采用高斯核来构建图像的尺度, 公式为:

$$G(x, y) = [1/(2\pi\sigma^2)] e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}. \quad (1)$$

其中: x 和 y 分别表示二维高斯函数 G 的二维变量; σ 为方差值。

将基于同一张在某固定分辨率下做不同的高斯模糊形成的图像称为一组图像, 所有组的集合构成高斯金字塔, 其中组序号 o 和组层数 s 结合起来组成高斯金字塔的尺度空间, 二者与高斯模糊的方差值 σ 之间的关系为 $\sigma = \sigma_0 2^{o+s/S}$ 。其中: σ_0 取固定值 1.6。

经过图像金字塔处理后的高分卫星图层由 Arcmap 发布到本地图层服务器, 等待 Web 服务器的调用。

2.3 养殖区域合规性判据算法

- 1) 在系统中录入网箱定位终端的颜色标识, 与养殖户信息绑定, 表明该网箱的限养区域。
- 2) 将定位终端上传的位置坐标转换为图层位置, 与图层位置中预先编码的颜色信息进行比对, 并在 Web 页面中显示。如果二者颜色标识不匹配, 则对该点进行突出预警。

算法流程如图 6 所示。

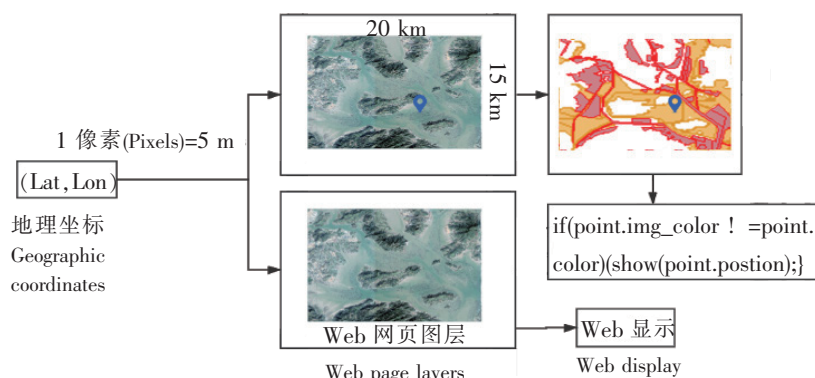


图 6 养殖区域合法性判断流程图

Fig.6 Flow chart of legality judgment of breeding area

计算过程如下:

- 1) 定出动态参照原点的经纬度, 将参照点经纬度转换为弧度^[14];
- 2) 计算已知点到参照点的 x 轴和 y 轴距离;
- 3) 换算成像素点, 进行颜色匹配。

实验显示, 在定位终端实时上传数据的情况下, 网箱距离边界 5 m 内会触发报警信息并显示位置, 实际应用场景中由于定位终端的电量控制, 每 30 min 上传一次定位信息, 但不会影响用户体验。

3 智慧养殖公共服务平台

1) 主界面通过一张图对近海养殖区域进行直观展示, 各功能区域的划分配合船舶和网箱定位的信息呈现, 该图能够帮助管理人员更好地进行海域规划, 提高执法效率, 如图 7 所示。该功能通过 4G 或者自组网通信方式实现多艘船只影像同时播放, 从而实现养殖域的侦查及实情预警功能。

2) 养殖密度随高分卫星图层更新自动计算, 信息显示如图 8 所示。管理人员结合水质参数信息, 能够及时对养殖水域布局进行重新规划和管理, 对养殖户增收增产和区域水质环境改善有积极作用。

3) 电子围栏^[15-16]能够及时发现误差在 5 m 范围内的非法区域养殖行为, 与位置数据结合可以提供大距离网箱移动报警。船舶与网箱位置的归属管理有利于二级管理单位对基层管理单位的责任划分和监督执行, 实现二者信息快速有效互通。灾情预警通过定位终端一键报警, 结合整体位置

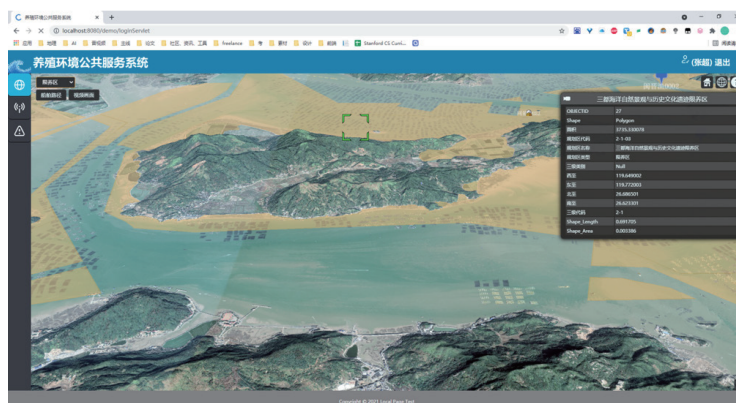


图 7 功能区域规划信息展示

Fig.7 Functional area planning information display

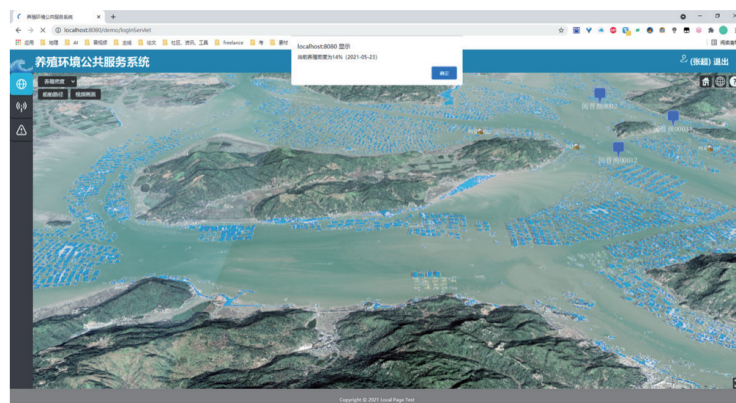


图 8 养殖密度信息展示

Fig.8 Breeding density information display

信息得到周围船只信息,并及时响应周边定位终端鸣音和平台强制闪烁显示预警通知,自动开启报警船只摄像头,事故船只、事故周边船只、辖区管理人员信息互通,方便管理人员快速响应,及时组织制定有效营救方式。电子围栏展示如图9所示。

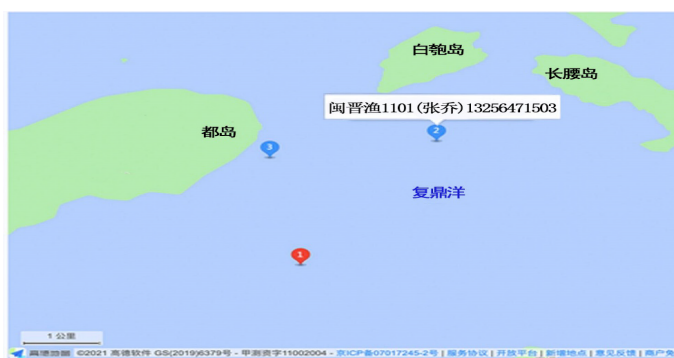


图9 电子围栏展示

Fig.9 Electronic fence display

4 结论

本系统将定位信息与水质、水流的检测数据融合,向养殖户提供实时的水质参数和养殖建议;对区域内过往渔船进行实时监控和轨迹回放;对图层数据、高程数据、养殖规划数据、定位数据等多源数据进行融合分析,通过基于Canny算法的HSV预处理检测,对养殖网箱进行识别提取,降低了养殖密度统计难度,大大提高了统计的时效性和精确性。系统对近海经济活动管理有实际应用价值,对近海信息化管理有积极的借鉴作用。

[参考文献]

- [1]王玘玥. 物联网在浙江智慧养殖渔业中的应用研究[D]. 舟山:浙江海洋大学,2021. DOI:10.2747/d.cnki.gzoby.2021.000165.
- [2]钱程程,陈戈. 海洋大数据科学发展现状与展望[J]. 中国科学院院刊,2018,33(8):884-891
- [3]李志伟,傅军,韩洪祥. 海洋环境数据三维可视化系统设计与实现[J]. 海洋测绘,2019,39(6):68-72.
- [4]王思又. 海洋水文数据可视化平台设计与实现[D]. 青岛:山东科技大学,2020. DOI:10.27275/d.cnki.gsdku.2020.001168.
- [5]王琳,强静雅,黄海. 直升机多源信息融合仿真系统设计[J]. 火控雷达技术,2021,50(2):113-117. DOI:10.19472/j.cnki.1008-8652.2021.02.023.
- [6]李俊金. 基于Cesium的三维实景可视化技术研究[D]. 郑州:解放军信息工程大学,2017.
- [7]KALBASI M, NIKMEHR H. Noise-robust, reconfigurable canny edge detection and its hardware realization[J]. IEEE Access, 2020, 8:39934-39945.
- [8]李静,陈桂芬,丁小奇. 基于改进Canny算法的图像边缘检测方法研究[J]. 计算机仿真,2021,38(4):371-375.
- [9]许宏科,秦严严,陈会茹. 一种基于改进Canny的边缘检测算法[J]. 红外技术,2014,36(3):210-214.
- [10]BAO P, ZHANG L, WU X. Canny edge detection enhancement by scale multiplication[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(9):1485-1490.
- [11]DING L, GOSHTASBY A. On the Canny edge detector[J]. Pattern Recognition, 2001, 34(3):721-725.
- [12]GONG L H, TIAN C, ZOU W P, et al. Robust and imperceptible watermarking scheme based on Canny edge detection and SVD in the contourlet domain[J]. Multimedia Tools and Applications, 2021, 80(1):439-461.
- [13]杨爽,潘倩,杨培,等. 基于Brisk和Sift的快速图像拼接[J]. 青海大学学报,2021,39(3):80-87. DOI:10.13901/i.cnki.gbwxbzk.2021.03.012.
- [14]袁伟东,张金菜,陈玮. 基于经纬度信息的室外辅助巡检导航系统的实现[J]. 电力设备管理,2021(9):75-77,140.
- [15]王春伟. 电子围栏智能定位系统研究及硬件设计[D]. 北京:北京邮电大学,2015.
- [16]包贞祥. 电子围栏管理系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2015.

(责任编辑 陈敏 英文审校 黄振坤)