

基于物联网技术的智慧渔业养殖平台设计

刘锐, 胡博涛, 王雪晴, 杨雨晗

哈尔滨理工大学电气与电子工程学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2024年4月26日; 录用日期: 2024年5月24日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

针对海水养殖业中存在的成本高、中小规模养殖户成活率低等问题, 提出了一种基于物联网技术的智慧渔业养殖平台设计。首先, 采用RS485通信方式、PLC和工业物联网模块, 实现了对海产养殖环境的实时监测和水质数据的远程操控, 从而解决了养殖环境监测不及时、养殖成活率低的问题。其次, 通过结合生态养殖技术构建闭环养殖系统, 利用PLC控制海水循环流量、优化废水处理和设备运行, 提高了养殖效率和水质管理水平, 解决了废水处理不彻底、养殖废物处理不当、海水循环不精准等问题。最后, 采用传感器数据支持的单向迁移差分进化算法和云计算, 实现了对水质的远程监测和控制, 配合软件APP和HIM触摸屏, 实现了智能化的远程数据管理和人机交互, 解决了中小规模养殖户无法实时获取养殖塘信息的问题。最终, 本设计方案有效地解决了海水养殖业中成本高、成活率低、废水处理不彻底、废物处理不当、海水循环不精准等问题, 提高了养殖效率和水质管理水平。

关键词

海产养殖, PLC, 物联网

Design of Intelligent Fishery Farming Platform Based on Internet of Things (IoT) Technology

Rui Liu, Botao Hu, Xueqing Wang, Yuhan Yang

School of Electrical and Electronic Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin Heilongjiang

Received: Apr. 26th, 2024; accepted: May 24th, 2024; published: May 31st, 2024

Abstract

A design of intelligent fishery farming platform based on Internet of Things technology is proposed to address the issues of high costs and low survival rates of small and medium-sized far-

mers in the marine aquaculture industry. Firstly, using RS485 communication method, PLC and industrial Internet of Things module, real-time monitoring of marine aquaculture environment and remote control of water quality data were achieved, thus solving the problems of untimely monitoring of aquaculture environment and low survival rate of aquaculture. Secondly, by combining ecological aquaculture technology to construct a closed-loop aquaculture system, using PLC to control seawater circulation flow, optimize wastewater treatment and equipment operation, the efficiency and water quality management level of aquaculture have been improved, and problems such as incomplete wastewater treatment, improper treatment of aquaculture waste, and inaccurate seawater circulation have been solved. Finally, the one-way migration differential evolution algorithm supported by sensor data and cloud computing was used to achieve remote monitoring and control of water quality. Coupled with software apps and HIM touch screens, intelligent remote data management and human-machine interaction were achieved, solving the problem of small and medium-sized farmers being unable to obtain real-time information about their breeding ponds. In the end, this design scheme effectively solves the problems of high cost, low survival rate, incomplete wastewater treatment, improper waste treatment, and inaccurate seawater circulation in the marine aquaculture industry, improving aquaculture efficiency and water quality management level.

Keywords

Marine Aquaculture, PLC, Internet of Things

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球经济的发展，人民生活、消费水平的提高，海产品成为婚庆喜宴、重大节日招待亲朋餐桌上不可或缺的美食，催生了海水养殖业的蓬勃发展[1] [2]。根据联合国粮食及农业组织提供的数据，进一步表明海水养殖业已经为人们提供了丰富的海产品资源，成为全球海洋产业重要组成部分[3]。但随着近些年海洋生态逐步被破坏，甚至核污水公然排放等问题的出现，对海水养殖业发起了严峻的挑战，同时也提供了发展的机遇[4] [5]。

海水养殖在早期阶段主要是沿海地区的一种小规模农业活动，仅满足个人食品需求；随着需求增加，海产养殖逐渐扩大规模，引入了更复杂的系统，如池塘养殖、海水循环系统和深水网箱等；随着科技的进步，推动了海产品养殖向工业化的发展。一些大型的养殖户逐渐采用自动化设备和高度控制的环境，从而使得养殖规模大幅增加。然而大规模的养殖并不适合所有人，主要原因是其成本过高，个人难以承担工业化的支出。但是对于中小规模的养殖户来说，没有工业化的养殖技术难以保证海产的成活率。因此，设计一个基于物联网技术的智慧渔业养殖平台十分必要。

在养殖过程中，海产会源源不断地进行代谢，从而产生大量的养殖废水，养殖废水不论在何种场合，都是难以处理的问题。针对此问题，张芬[6]提出了一种新型养殖模式——“鱼-贝-藻循环水养殖模式”，该模式结合生态养殖技术构建了一个闭环养殖系统。该系统是由三个池塘组成，分别是养殖池、处理池和存水池，养殖池进行大部分水产品的养殖，处理池则利用可吸收氨氮的生物对水质进行净化，净化后的水进入存水塘，下一次循环时进入养殖池。

然而，在三个池塘的海水进行循环时，控制海水的流量尤其重要。可以基于 PLC 对时间、流量和液

位进行综合控制，实现对进出水量的精准控制[7]。

除此之外，在海水循环时，养殖池中会产生大量废物会导致应急能力差、格栅易堵塞和潜水泵易出现故障等问题。对此，可以通过液位差来控制粗格栅和清污机的协调运行，确保格栅畅通；通过低位锁定、高位预警来调控潜水泵的运行，保证供应与输出平衡，提高了应急能力，防止故障发生[8]。

对于中小规模的养殖户养殖成活率低的原因，是无法实时地获取养殖塘的信息。针对实时获取池塘的信息的问题，可以通过各种传感器收集数据，应用单向迁移差分进化算法[9]分析监测指标数据间的相关性，并使用指数平滑算法来预测传感数据的变化趋势[10]。

单向迁移差分进化算法[9]分析检测各数据，前提是需要大量的数据支持。对此，本文利用 PLC 结合传感器设计了一个水质检测系统，通过传感器采集数据，通过 RS458 硬线将数据传递给 PLC，实现数据的缓存和整合。为了传输数据本文设计了一个工业物联网模块，通过智能网关 IoT2050 连接 PLC 和腾讯云，将处理后的数据上传至云端，以此支持算法的运行，从而实现对水质的监测和预测。当对水质的监测或预测数据不在适合范围内时，就必须马上对水质数据进行调整。对此，本文设计了一个水质控制系统，该系统为 PLC 控制氧气泵、水泵、小苏打投入泵以及食盐投入泵。当云端对采集的数据进行分析之后，将结果反馈给 PLC，PLC 根据结果控制各个泵的运行效率，进而实现对水质中各参数的控制。

为了实现对水质的远程控制，本文结合腾讯云和单向迁移差分进化算法[9]设计了一个软件 APP，该软件的系统主程序包括系统初始化程序，传感器数据采集程序，液晶数码管显示程序，主程序以及腾讯云通信存储运算程序，就地远程客户端界面数据传输及显示程序等，实时对各系统和水质数据的显示及控制。

当出现网络状况不佳，导致无法通过 APP 获取数据，此时就必须人工现场测量数据。但这就会出现数据不准确的问题，且人力成本较大。针对此问题，本文利用 PLC 结合 HIM 触摸屏，实现人机交互，方便现场对各个设备的控制及调试。

本文研究设计了一套基于物联网技术的智慧渔业养殖平台，通过结合生态养殖技术构建闭环养殖系统，实现了海水养殖的精准监测与管理。采用 PLC 控制海水循环流量，优化废水处理和设备运行，提高养殖效率和水质管理水平。同时，利用传感器数据支持单向迁移差分进化算法[9]分析，结合云计算实现对水质的远程监测和控制。配合软件 APP 和 HIM 触摸屏，实现了智能化的远程数据管理和人机交互，为海水养殖业提供了创新解决方案。

2. 生物池布局设计

生物池作为海水养殖系统的核心组成部分，包括养殖塘、处理池和存水池，旨在实现高密度养殖时的海水循环利用和水质管理的闭环系统[11]。生物池循环图见图 1。

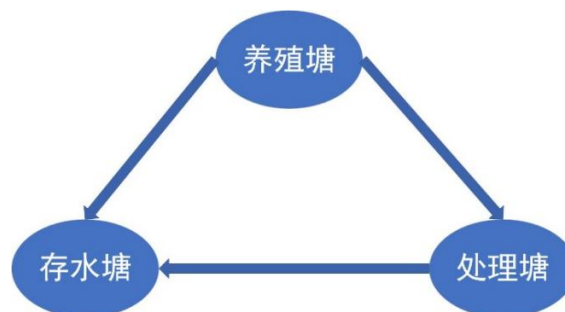


Figure 1. Bio pool cycle diagram

图 1. 生物池循环图

养殖池作为海产品提供生长环境，为了提供较高的养殖密度和良好的水质环境，必须对水质进行严格的监控。养殖塘水质需要对氨氮和亚硝酸盐含量、PH值、溶氧量、水温、盐度等指标进行实时监控，由于同一池塘不同位置的各项数据不尽相同。为此，可以将养殖塘等面积划分成若干个小区域，每个小区域内都放入能检测五个指标的传感器，以此提高监测的准确度。水质监测图见图2。

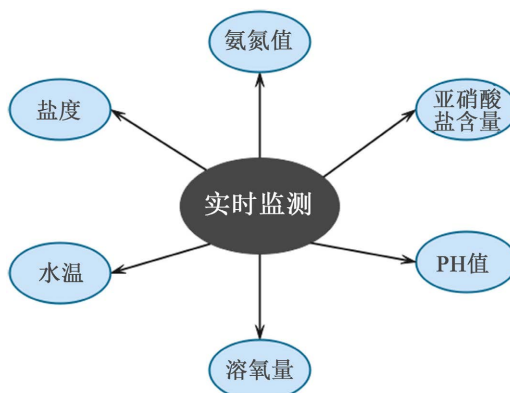


Figure 2. Water quality monitoring map
图2. 水质监测图

处理池的目的是为了净化养殖池内的水质，以此实现水质的循环使用。为了保护生态环境，以及产生更大的经济收益，在该池塘内引入养殖亚硝化细菌和硝化细菌，并且养殖贝壳、浮萍等生物。亚硝化细菌和硝化细菌能吸收氨氮值，从而有效控制亚硝酸盐含量；贝壳不仅能辅助吸收氨氮，而且能造成一定的经济效益；浮萍作为绿色植物进行光合作用，可以吸收水质中的 CO_2 ，产生 O_2 ，进而调节 PH 值。由于只用生物对水质进行处理可能无法达到预期效果，还需要采用一些外部措施：利用氧气泵提高海水中的溶氧量；若 PH 值偏低，则需要人工向池塘添加适量小苏打提高 PH 值；盐度无法通过生物来改变，当测量的盐度偏高则需要向处理池中加入适量淡水以此降低盐度，当测量的盐度偏低，则需要人工向其中添加食盐。为了判断处理池的水质是否达标，也需要向养殖池一样利用传感器对其进行实时监控。水质处理图见图3。

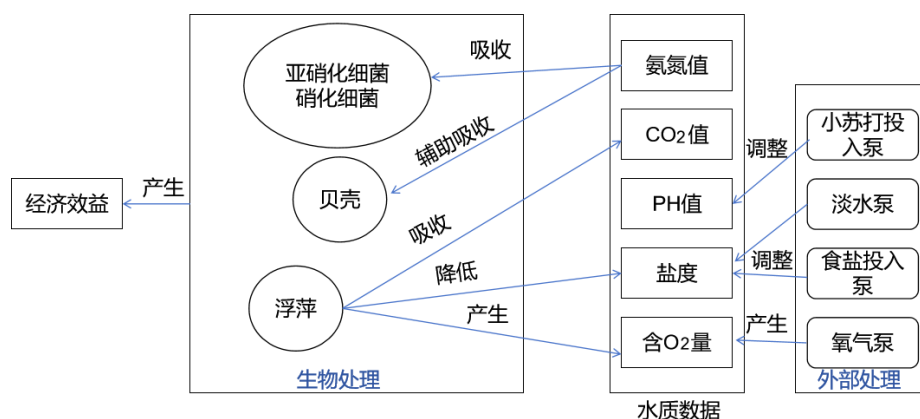


Figure 3. Water quality treatment diagram
图3. 水质处理图

存水池的作用是存储处理池处理完的海水，当养殖池需要换水时，对其及时进行补充。

采用生物池的方法，不仅有效地对池内水质进行处理，从而保证各项水质指标都在最适合养殖的范围内，进而提高了养殖的成活率；而且，对海水进行循环处理，不仅避免了环境污染，达到保护生态的目的，而且还减少了海水的引入，减少成本；此外对水质进行处理的各种生物还能产生一定的经济效益。

3. 渔业养殖水质监控平台设计

水质检测和控制系统的的设计旨在实现对养殖水质的实时监测、分析和控制，以确保养殖环境的稳定和水质的优良，进而提高养殖生物的生长和成活率。该系统包括实时监测、数据分析、远程控制、报警功能和数据存储与管理等主要功能。系统利用各类传感器对养殖水体的各项指标进行实时监测，传感器将采集到的数据传输至系统中，为后续的数据分析和控制提供基础。监测数据经过系统的分析和处理，利用算法进行数据关联性分析、异常检测和预测，系统能够识别出水质异常情况，并根据分析结果采取相应措施。根据监测数据和分析结果，系统可以远程控制氧气泵、水泵、小苏打投入泵、食盐投入泵等设备的运行，调节水质参数，保持水质稳定。系统具有报警功能，当监测到水质超出预设范围或发生异常情况时，系统会及时发出警报，提醒养殖户或相关人员注意和处理。监测数据和分析结果被存储和管理起来，以备后续查阅和分析使用，系统能够将数据有效地存储，并提供查询和导出功能。系统的组成部分包括传感器、控制器(如 PLC)、氧气泵、水泵、小苏打投入泵、食盐投入泵等设备，以及数据采集模块、云平台、软件 APP 或人机界面等。这些元器件共同构成了一个完整的水质检测和控制系统，实现了对养殖水质的全面管理和控制。系统结构图见图 4。

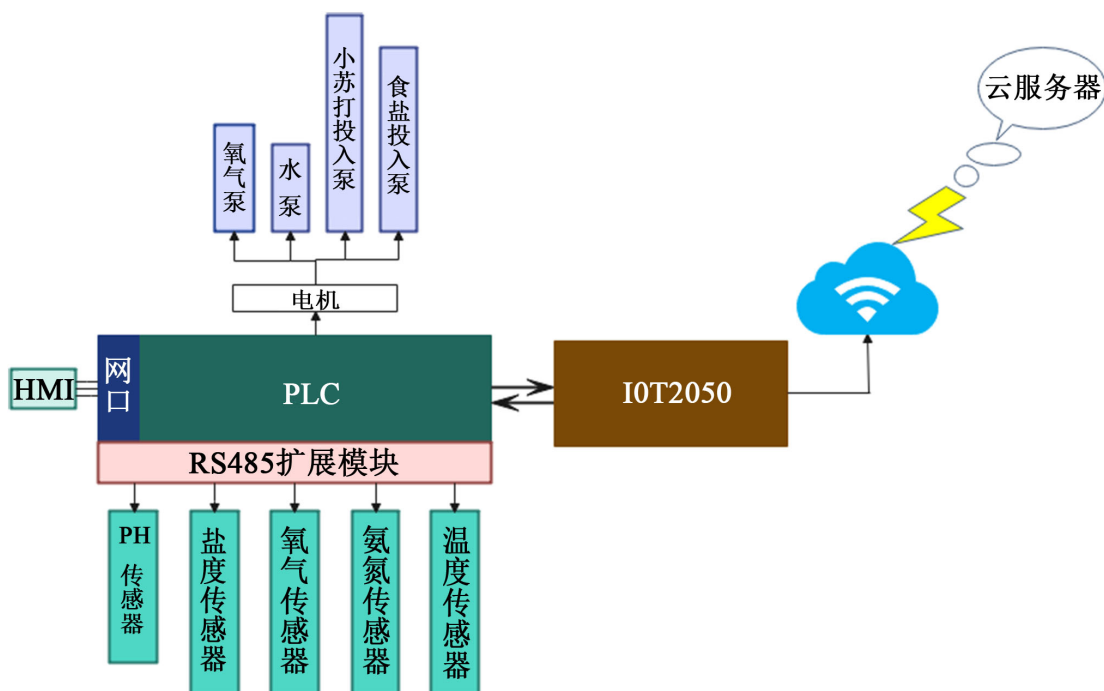


Figure 4. System architecture diagram

图 4. 系统结构图

3.1. 水质检测系统设计

在养殖过程中，需要测量的水质参数有温度、PH 值、溶解氧、氨氮浓度和亚硝酸盐浓度，适合海产养殖的各指标范围如图 5 所示。

指标	PH	溶氧量	温度	溶氧量	亚硝酸盐
适合生长范围	6.5~8.5	5~8 (mg/L)	20~30(°C)	0.1~0.5 (mg/L)	0~0.2 (mg/L)

Figure 5. Range chart of marine aquaculture indicators

图 5. 海产养殖指标范围图

使用对应传感器对各项指标进行检测,采用 RS485 工业总线协议与 Siemens S7-200 系列 PLC 进行通信。在布局方面,根据监测区域特点和温度波动情况,合理安排传感器位置,增加传感器密度提高系统覆盖范围和控制精度。同时,考虑到系统的实时性和鲁棒性,传感器布局需注意环境特性和干扰源,确保监测数据准确稳定。传感器与 PLC 之间的关系如图 6 所示。

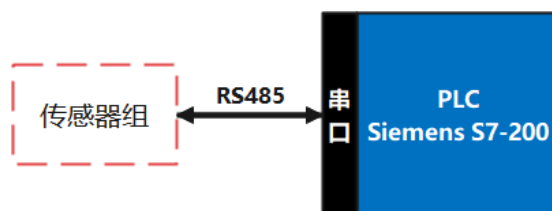


Figure 6. Communication diagram between sensors and PLC

图 6. 传感器与 PLC 通信图

3.2. 水质控制系统设计

选择西门子 S7-1200 作为控制单元是基于其卓越的性能、灵活性和可靠性。它提供了多种通信选项,允许与各种智能设备和网络的无缝连接。易于编程和配置的特性,以及足够的处理能力来同时管理多个数据流,使其非常适合复杂的海水养殖环境[12]。

该系统以 PLC 和变频器为核心,采用了西门子 S7-200 系列 CPU226CN 型号的小型 PLC [13]和西门子 MM440 型号的变频器[14]。PLC 作为控制中枢,具有强大的控制功能和高性价比,适用于点数较多、控制要求较高的系统,能够实现单机和联网的控制。变频器则具有多功能继电器输出端、模拟量输出端和数字输入端口,支持多种控制方式,包括 PID 控制功能,能够满足系统的需求。

整个水质控制系统包括 PLC、变频器、水泵、氧气泵、小苏打投入泵、实验投入泵和压力传感器等组件,形成闭环调节系统。系统中使用了模拟量传感器和变送器来转换各种模拟信号,经过 PLC 处理后再通过模拟量输出模块转换成控制信号,最终控制执行机构实现对水质的调节和控制。恒压供水系统的结构框图如图 7 所示。

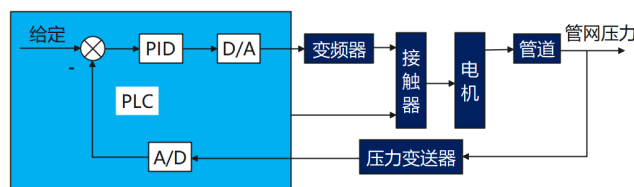


Figure 7. Structural diagram of constant pressure water supply system

图 7. 恒压供水系统的结构框图

模拟量的处理主要通过模拟量扩展模块进行,其中 EM231 和 EM232 是常用的模块。EM231 作为模拟量输入模块,连接压力传感器输出的电流信号,并经过 AD 转换送入 PLC 进行处理。而 EM232 则是

模拟量输出模块，将处理后的信号转换成电压信号控制变频器的输出频率。

4. 工业物联网模块与软件设计

4.1. 系统框架搭建

下图 8 是渔业养殖软件框架示意图，其中包括底层传感器的数据获取、中间层数据链路的建立、云端数据库的建立、云端算法分析及养殖控制决策的形成几部分[15]。

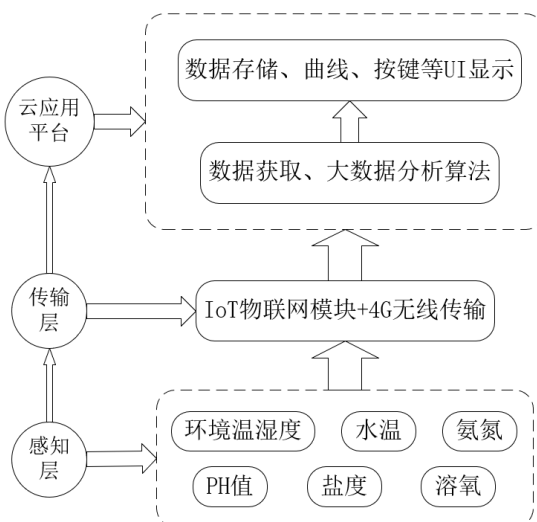


Figure 8. Schematic diagram of fishery and aquaculture software framework
图 8. 渔业养殖软件框架示意图

4.2. IoT 物联网模块 + 4G 模块的数据通道的调试

该系统的联网设备就是现场的传感器，但是设备和网络之间要么经过网线连接到服务器要么经过无线传输的方式接到服务器，鉴于水产养殖的现场公共设施不完备，但还都处于手机信号覆盖范围内，因此项目还需要开发一套硬件设备，计划用西门子公司生产的 IoT 物联网模块和 4G 模块，建立无线数据通道，完成数据上下行。

4.3. 云端应用的配置及大数据分析算法的实现

云服务器能够提供以下功能：添加联网设备、用户权限、数据报表、UI 界面，布置大数据分析算法、报警联动。

将传感器采集到的养殖数据上传至云端存储，从而完成数据上行。在云端添加用户权限、数据报表、UI 界面、布置大数据分析算法等功能，使用户能够方便地访问和操作数据。在采集完足够的数据之后，再使用大数据分析算法对存储的数据进行深入分析，从而得到氨氮值、含氧量、PH 值、水温、盐度等数据的变化，以此通过大数据算法分析未来这些数据的变化趋势。同时，通过报警联动系统实时监测数据，当触发报警时实时通知用户；此外用户也可以在手机端操控 UI 界面，以实现通过云端控制现场设备、发送控制指令的目的，以此实现数据下行。

本项目计划采用迁移学习中基于联合分布适配的单向迁移差分进化算法[9]分析由养殖现场上传的水质、环境等相关实时数据，找到数据的关联性以及对养殖中防病、防灾，提高养殖成活率、养殖密度的影响。图 9 为迁移学习算法实现流程示意图。

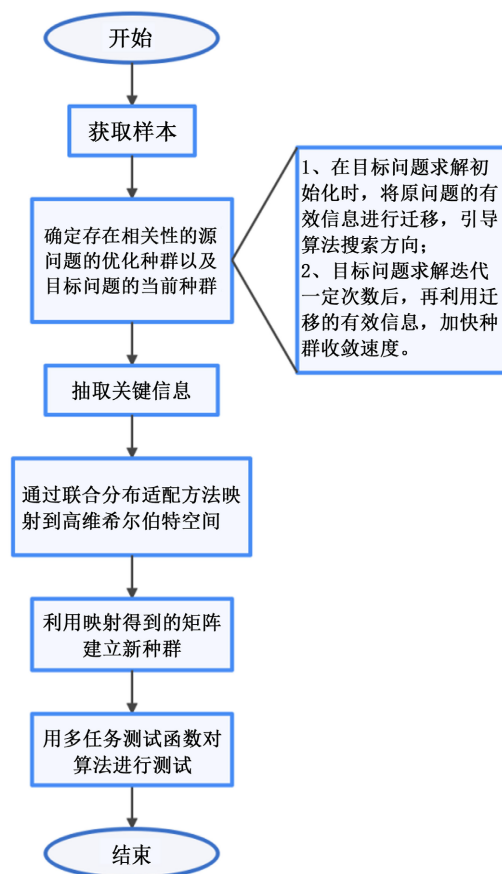


Figure 9. Schematic diagram of the implementation process of transfer learning algorithm
图 9. 迁移学习算法实现流程示意图

根据大数据算法分析养殖相关数据得到的结论，判断是否有水质异常、疾病爆发等情况发生，并及时告知用户；还可以通过大数据分析发现海产品特点、水质条件、天气情况和海产品成活率、海产品品质之间的关联关系，并挖掘数据中的频繁项集和关联规则，帮助养殖者了解不同因素之间的相互作用和影响，为养殖者做出决策提供帮助。

5. 结语

针对海水养殖业中存在的成本高、中小规模养殖户成活率低等问题，本文设计了一种基于物联网技术的智慧渔业养殖平台系统。通过采用 RS485 通信方式、PLC 和工业物联网模块，本系统能够实现对海产养殖环境的实时监测和水质数据的远程操控，从而解决了养殖环境监测不及时、成活率低的问题。通过生态养殖技术构建闭环养殖系统，并结合传感器数据支持的单向迁移差分进化算法分析和云计算，实现了对水质的远程监测和控制，配合软件 APP 和 HIM 触摸屏，实现了智能化的远程数据管理和人机交互。该系统的设计将为海水养殖业提供创新解决方案，提高养殖效率和水质管理水平，助力行业发展和生态保护。

项 目

省级大学生创新创业训练计划项目：基于云计算与大数据的渔业养殖算法研究与软件开发，项目编号：202310214067。

参考文献

- [1] 本刊讯. 两部门推进落实优化养殖用海管理政策[J]. 中国水产, 2024(3): 24.
- [2] 卢昌彩. 推进我国深远海养殖发展的思考[J]. 中国水产, 2024(2): 35-38.
- [3] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
- [4] 翟艺钊. 日本核污水排海背景下中国淡水渔业发展机遇、挑战与建设路径[J]. 渔业致富指南, 2024(2): 14-19.
- [5] 裴兆斌, 陈昕琦. 日本核污水排海对中国渔业发展的影响[J]. 黑龙江水产, 2023, 42(6): 461-465.
- [6] 张芬. 水产养殖尾水的生态处理技术研究[J]. 河南农业, 2021(23): 53-54.
- [7] 严晨. 基于 PLC 和物联网的分散式污水处理设备自动化控制系统研究[J]. 科技风, 2023(12): 7-9.
<https://doi.org/10.19392/J.CNKI.1671-7341.202312003>
- [8] 向丹. 基于 PLC 的污水处理进水控制系统设计[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(13): 3254-3257.
- [9] 李晰, 李帅, 冯艳红, 李明亮. 基于联合分布适配的单向迁移差分进化算法[J]. 郑州大学学报(工学版), 2023, 44(5): 24-31.
- [10] 刘明剑, 刘丽丽, 朱宏升, 张思佳. 海水养殖水质监测与分析系统设计与实现[J]. 水产学杂志, 2023, 36(4): 99-108.
- [11] 冯德军, 黄亨达, 张宇笈, 陶毅, 李德振, 胡佳俊, 桂福坤, 曲晓玉. 养殖密度对圆形循环水养殖池自清洗能力的影响[J]. 农业工程学报, 2023, 39(19): 267-276.
- [12] 张佳. 基于 PLC 的实时数据采集系统[J]. 电气传动, 2018, 48(2): 68-71.
- [13] 李言武. 可编程控制技术[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2011.
- [14] 陈志红. 变频器技术及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
- [15] 王祥傲, 徐昊, 王树平, 刘永康. 基于物联网和 PLC 的城市绿化灌溉监控系统设计[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2023, 23(3): 15-23.