

# 海带育苗过程光照强度监测系统的设计与实现

杜兴林<sup>1</sup>, 刘春娥<sup>1</sup>, 张启宇<sup>1</sup>, 刘峰<sup>1</sup>, 宋玉娥<sup>2</sup>, 王承国<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学烟台研究院, 山东 烟台 264670; 2. 北京工业职业技术学院电气与信息工程学院, 北京 100042)

**摘要:** 海带(*Laminaria japonica*)是一种重要的食用藻类, 在其生产过程中, 育苗是最基础的环节。在海带育苗过程中光照强度因其变化性强、对幼苗影响显著等特点, 被看作是一个重要监测指标。针对目前海带育苗光照强度监测方式落后、准确度和效率低的问题, 本文基于相关研究成果, 设计了一套由Wi-Fi通信和无线局域网加互联网通信方式组成的海带育苗光照强度监测系统。系统以移动客户端应用为主要业务控制中心, 依据光照强度传感器、气象工作站等设备获取海带育苗车间内的光照情况以及外部环境参数, 通过无线网关节点实现育苗环境信息和远程服务器的信息交换。通过开发系统应用层, 实现移动设备客户端远程监控海带育苗光照参数的变化。实际的模拟生产测试表明, 该系统性能稳定, 实时监测、警报功能达到使用要求, 提升了海带育苗生产的信息化水平, 可对推动海带等藻类的精准养殖提供一定的参考。

**关键词:** 海带育苗; 光照强度; 监测系统; 物联网

中图分类号: S951.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2020)05-0115-08

DOI: 10.11759/hyxx20191226004

海带(*Laminaria japonica*)是一种常见的食用海藻, 其养殖在我国的水产行业中占有非常重要的地位。在海带的养殖过程中, 育苗生产是其最重要和依赖人工操作较多的一环。在育苗生产过程中, 监测养殖环境条件的各项指标变化, 并及时调控是保障育苗效果的基本手段, 需要监测的指标有水温、pH、光照强度等<sup>[1]</sup>; 其中光照强度日变化范围大, 对幼孢子和幼苗发育的影响显著, 需要通过实时监测和及时调控来保证海带幼苗在生长期接受适宜强度的光照。目前, 在我国多数海带育苗企业中, 光照强度监测采用传统人工监测方法的情况<sup>[2]</sup>。所谓传统人工监测, 是在海带育苗期间, 技术人员手持光照强度计定时在车间内走动对光照强度进行测量, 并将测量结果记录下来, 实现对光照强度的监测。此方法不仅容易产生人为误差, 而且效率低下, 不利于海带育苗生产精细化及信息化的发展。

目前, 物联网技术的迅速发展已将农业物联网广泛地推广到种植业、畜牧业等农业生产行业中<sup>[3]</sup>。水产养殖业作为大农业的重要组成部分, 生产技术的升级在一些方面已与农业物联网技术结合发展, 其中结合最紧密的是水产养殖监测技术的发展。在水产养殖监测方面, 毛力等<sup>[4]</sup>设计了用信息融合技术改进的水产养殖水质监控系统, 华芳芳等<sup>[5]</sup>建立了基于Web的水产养殖环境监控物联网系统, 肖瑞

超等<sup>[6]</sup>建立了应用于工厂化的水产养殖水质监测系统, 栾培贤等<sup>[7]</sup>设计了基于物联网的镜鲤池塘养殖环境监测系统。海带育苗生产作为水产养殖的重要部分, 光照监测系统的设计研究较少。为弥补海带育苗生产监测研究的不足, 结合现有生产条件和农业物联网三层架构体系<sup>[8-9]</sup>, 设计了应用于海带育苗过程中的光照强度监测系统。

## 1 系统总体设计方案

### 1.1 系统目标

针对海带育苗过程中车间信息监控水平低和管理低效的问题, 系统采用集单参数多设备信息感知、

收稿日期: 2019-12-26; 修回日期: 2020-02-09

基金项目: 山东省重点研发计划(2018GHY115028); 山东省海洋与渔业科技创新计划项目(201847); 中国农业大学烟台研究院校内科研基金项目(YT201805); 北京工业职业技术学院重点课题(BGZYKY201820Z)

[Foundation: Shandong Province Key Research and Development Program of China, No. 2018GHY115028; Shandong Province Marine and Fishery Science and Technology Innovation Program Project, No. 201847; Research Fund Project of Yantai Academy, China Agricultural University, No. YT201805; Key Subject of Beijing Polytechnic College, No. BGZYKY 201820Z]

作者简介: 杜兴林(1998-), 男, 山东东营人, 本科生, 主要从事水产信息化技术研究, E-mail: duxinglin-1@163.com; 王承国, 通信作者, 男, 山东烟台人, 副教授, 博士, 主要从事智慧海洋与智慧渔业研究, E-mail: wangcg@126.com

无线和以太网联合传输网络、移动客户端监测为一体的物联网技术,精确采集各育苗池的实时光照情况、车间周围天气环境和相关设备工作状态信息,并对信息进行精准监测管理。在应用设计上,为使整个系统的应用和管理更为灵活、便捷,将移动客户端作

为应用层主要的业务控制中心。

## 1.2 系统结构

整个海带育苗光照强度监测系统由三层结构组成:感应层、传输层、应用层,如图1所示。

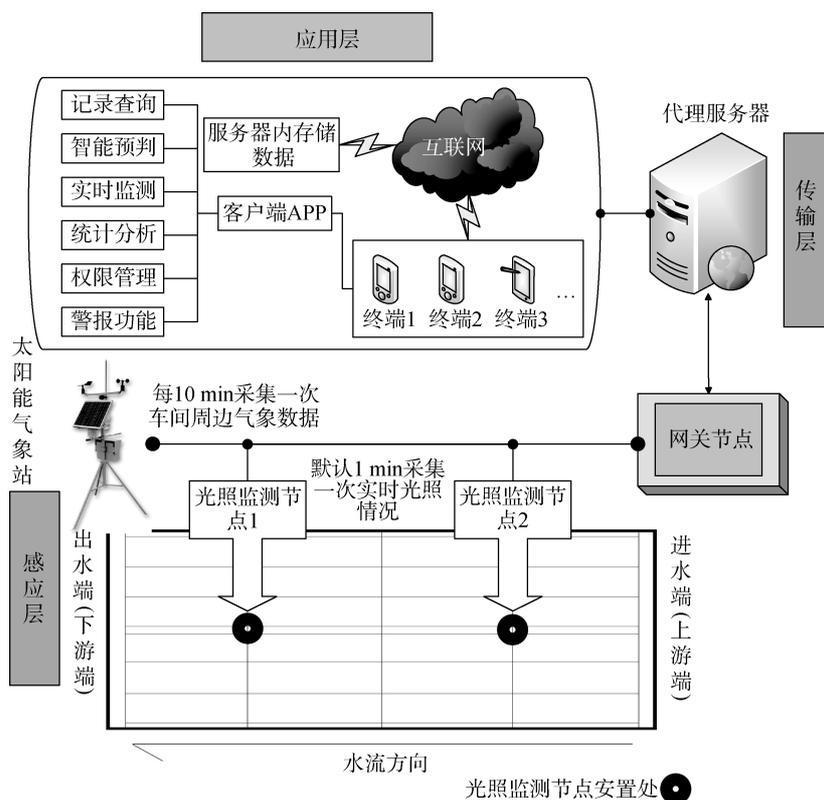


图1 海带育苗光照监测系统的结构设计图

Fig. 1 Structural design of illumination monitoring system for kelp seedlings

系统的感应层包含负责外部天气监测的太阳能气象站和负责接收光照强度信息的监测节点设备。考虑到精准监测,监测节点的理想分布情况为每个育苗池两个,中轴线上靠近入水口1/3处与靠近出水口1/3处位置各一个,如图1感应层部分所示。太阳能气象站安置于靠近车间的开阔区域,保证其监测到真实准确的天气状况。

传输层包括信息传输部分的各种设备、硬件以及作为数据储存的代理服务器。信息传输部分除了硬件中的数据交互外,还有网关节点和含有光照传感器的监测节点之间的无线通信系统,以及网关节点与软件平台间的数据传输。

应用层是以安卓系统为平台设计的移动客户端应用,提供实时数据监测及部分特征分析等功能,负责主要的数据处理。

## 2 系统硬件设计

### 2.1 感应节点的设计

海带育苗车间内接收光照强度信号的感应节点是感应层设计的重点,分为输入部分、数据处理部分和通信部分。输入部分由光照传感器及其搭载的电路构成,功能为接收光照强度信号以及将光照强度信号转化成数字信号;数据处理部分由处理器及其外设电路组成,此部分功能包括对数据进行降噪处理、特征提取、备份、其他预处理等;通信部分的构成是处理器自带的Wi-Fi通信硬件,负责数据的发送。监测时,感应节点设备的光照传感器接收到光照强度信号后将其转换成模拟信号,模数转换器将模拟信号转换为数字信号并将信号输入数据处理部分,通信部分将数据发送至代理服务器。

感应节点设备的光照传感器部分采用搭载BH1750FVI集成数字式光照度检测传感器的QY-302型光照传感集成电路。BH1750FVI集成数字式光照度检测传感器对光照强度的探测范围为1~65 535 lx<sup>[10-11]</sup>，敏感度高，对光源依赖性弱。搭载传感器的集成电路的内部结构包括电二极管、运算放大器、模数转换器及I<sup>2</sup>C接口和相应的逻辑与寄存器模块，可实现光照强度的实时监测以及将测得的光照强度信号实时传输到数据处理部分。数据处理部分采用的核心处理器为树莓派3B(Raspberry Pi 3B)，其自带Wi-Fi模块<sup>[12-13]</sup>、采用博通BCM2837处理器<sup>[13]</sup>、可运行定制的Debian Linux操作系统，性能符合作为感应节点处理器的要求<sup>[14]</sup>。

处理器作为监测节点的核心处理硬件，接有存储装置可备份数据，Wi-Fi通信模块可保证正常通信，如图2所示。这样的结构使感应部分的光照强度监测节点对接收到的光照强度信息进行处理和传输后，将数据融合打包发送给代理服务器，完成感应的功能<sup>[15-18]</sup>。监测节点的正常运转通过电源供电来保证，Raspberry Pi 3B的供电最适要求是5V/2A，属于弱电设备，考虑到育苗车间的环境情况，该部分硬件的供电采用小型蓄电池或移动电源，以方便与处理器共同进行防水处理。

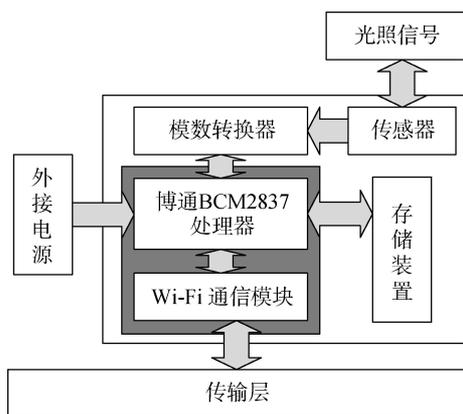


图2 光照强度监测节点结构图

Fig. 2 Node structure of illumination monitoring system

## 2.2 系统传输层的结构

系统中传输层由两部分构成：负责车间及太阳能气象站信号的网关节点、负责数据存储的远程服务器，其中的核心硬件设备是网关节点。传输层与感应层的各个设备间运用Wi-Fi信号进行无线传输，故采用路由器作为网关节点的设备<sup>[19]</sup>。

通讯连接利用Wi-Fi信号通过作为网关节点的路由器实现与服务器的连接，各部分的连接情况如图3所示。

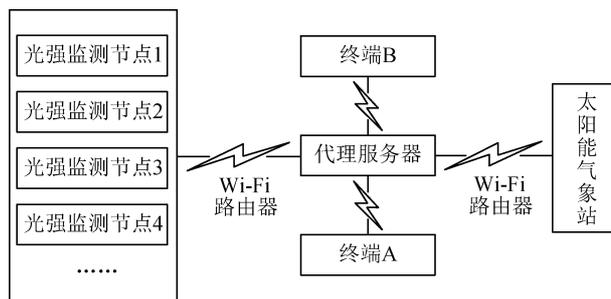


图3 传输系统构造图

Fig. 3 Structure of the transmission system

网关节点的设备基本功能是保证通信的稳定、整合气象站以及车间内多个监测节点的信号，采用无线路由器。网关节点提供稳定的无线通信信号使监测节点设备将监测数据实时传递到服务器，实现在移动终端APP上的同步监测。

## 3 系统应用的功能及测试

### 3.1 系统应用层功能设计

系统的应用层主要为移动客户端应用程序，为安卓应用，由Java语言编写。开发环境搭建方面，由于本项目传输层代理服务器使用腾讯云，故开发中使用Java版本的腾讯云开发者工具套件(SDK)3.0以调用应用程序接口(API)从服务器端下载数据；应用主体部分使用谷歌官方Android Studio开发。

应用结构分为通讯、数据处理和显示部分。通讯部分主要由腾讯云SDK 3.0及其他API构成，负责与代理服务器完成互动，主要任务包括账号登陆、数据上传与下载等；数据处理部分主要包括滑窗算法(对于一周、一天、一小时的数据绘制仅保留所需要数据，删除过期数据以减小空间占用)、平均值计算、是否达成警报条件的计算等；显示部分包括应用的UI与图表绘制，UI设计依托Android Studio提供的模板完成，图表绘制依托Android plot库实现。详细的程序运行流程如图4所示。

### 3.2 系统应用的功能

系统应用的功能分为两类：对光照强度监测进行调控的参考设置、智能预判和警报功能，对生产进行管理的权限设置及管理功能。

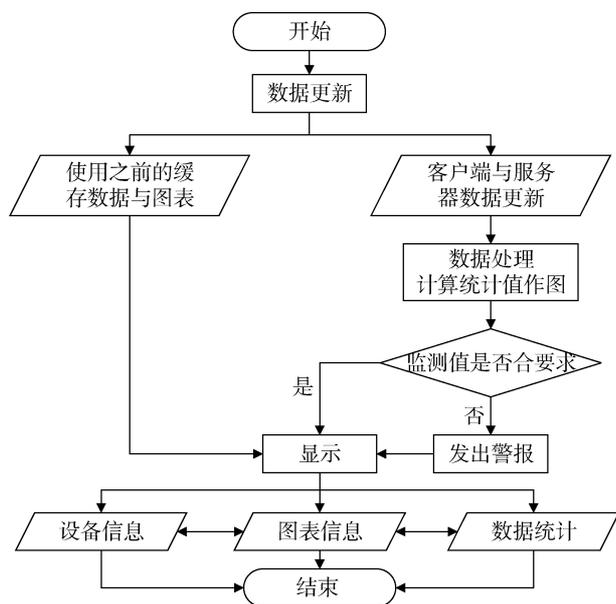


图4 程序单次运行流程图

Fig. 4 Flowchart of the app for a single run

### 3.2.1 参考设置

移动终端 APP 最重要的功能是实时监测和统计分析。而这两个功能实现的关键是监测系统中参考值的设置。

在海带整个育苗过程中每天所需的最适光照强度不同，所以每天的参考值设置不同。采苗后的三天是配孢子萌发为配子体的时间，在这期间不需要太多光照，育苗场会进行半封光处理，将每天的最高光强控制值设置为不高于 1 200 lx。采苗三天后从萌发形成的配子体开始需要光照，根据生产需求，最初的光照强度为平均光强 1 200 ~ 1 300 lx，最高光强不超过 2 500 lx；以后每 4~5 天提高光照强度一次，单次最高光强提高 300 lx，平均光强提高 150 lx<sup>[20]</sup>。监测系统中的参考值设置的方式有两种：(1)代入预先设置好的模式，由系统应用每天自行计算、动态调整；(2)生产技术人员人工输入自定义。

### 3.2.2 智能预判

光照强度的监测情况受天气、遮光、监测时段等多种因素的影响，变化频繁多样，因此需要智能预判系统来对各个影响因素进行分析，使生成的参考值范围更为科学、准确。智能预判系统通过分析太阳能气象站收集的信息、调用天气网站 API 获取的气象数据、参考已存的海带适宜光照的日改变经验值和标准光照强度等数据来对光照情况的变化、最大光照发生时间等因素进行推算，得到合适的参

考数值。智能预判功能的具体工作流程如图 5 所示。

智能预判与报警系统充分结合、建立联系，加强报警系统的警报发生的合理性。在严重影响光照的恶劣天气时监测到的光照数值情况相比有正常光照的天气时特殊，根据智能预判的工作流程默认在相应天气时关闭功能，以免造成混乱。

### 3.2.3 警报功能

报警系统是移动终端在光照强度超出范围或者设备出现异常情况时发出警报通知生产人员的功能。由于光照情况受昼夜和天气变化的影响变化大，报警系统在进行对光照情况的监视时会和智能预判结合起来。报警时会在移动终端通过弹窗、铃声等方式警报通知，以便于管理人员及时注意到监测异常。

### 3.2.4 权限设置及管理

在生产应用期间，系统的一些重要参考数据和特殊信息需要由生产管理人员来把控，监测时出现的技术问题需要相应的技术人员来解决。因此在移动终端上有相应的应用权限分级：生产人员、技术员、管理员。查看实时监测值、查看设备情况、接收警报为三级权限中的基本权限；技术员另有编辑和修改参考信息、更改光强采集节点信息、更改设备信息、调取历史记录、干预智能预判结果的附加权限；管理员除了以上权限外，另有权限管理和记录修改的权限。

### 3.2.5 应用客户端界面设计

移动应用客户端界面如图 6 所示，设备界面允许用户查询传感器终端的工作状况与相关信息。警报模块界面为警报记录和智能检测的生产日志，该模块在光照强度不在适宜范围内时进行弹窗提醒。图表和数据是应用的核心功能界面，图表界面将着重提供数据的变化趋势，数据界面展示实时的监测数据及相关设备信息。

## 4 系统应用测试

为验证海带育苗过程光照强度监测系统的实际应用效果，于 2019 年 9 月 7 日在海带育苗工场进行了应用测试。生产监测试验的监测时间，结合海带育苗生产经验及当天的日出日落情况，确定为 06:30—18:00；试验过程中使用高精度光照强度测量器同步监测，检验系统的监测精度。应用测试时，采集节点设备使用透明防水罩防潮防蚀，放置在高于水面的架子上。测试前调节消除因透明罩而产生的监测误差，当天的监测数据记录如表 1 所示。

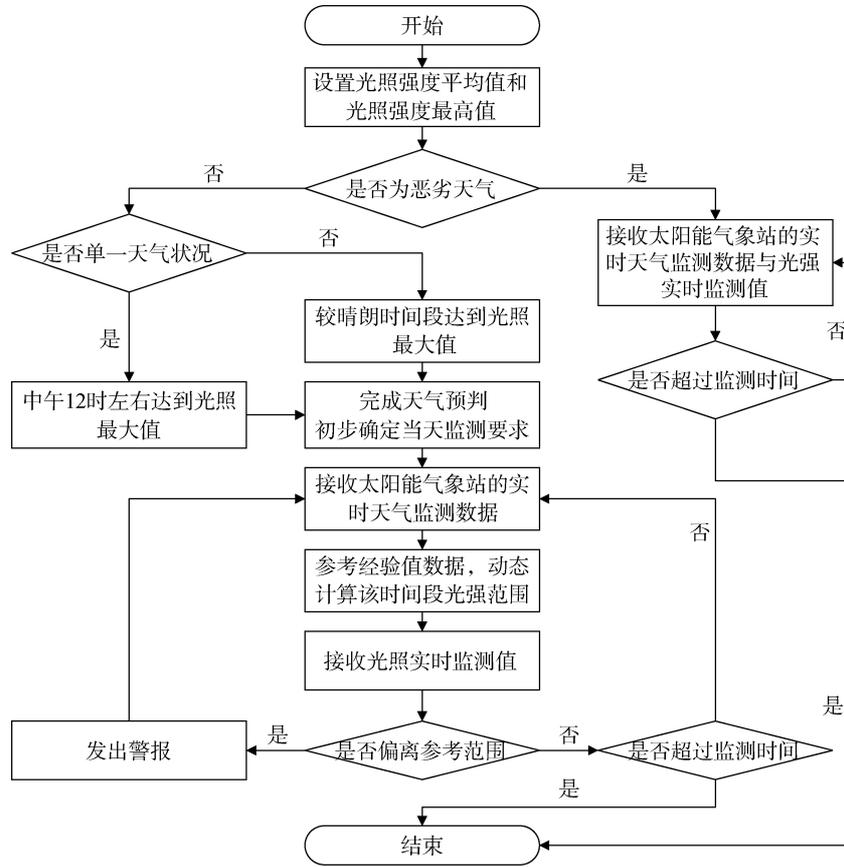


图 5 智能预判流程图

Fig. 5 Flowchart of intelligent prediction



图 6 移动终端应用界面图

Fig. 6 Mobile terminal application interface diagram

表 1 生产监测数据表

Tab. 1 Production monitoring data

数值序号	记录时间	节点采集数据/lx	手持测量数据/lx	偏差率/%	天气	备注
1	2019-09-07 06: 30: 00	1 213	1 210	0.25	多云	少遮光
2	2019-09-07 07: 00: 00	1 706	1 710	0.23	多云	少遮光
3	2019-09-07 07: 30: 00	2 260	2 255	0.22	多云	少遮光
4	2019-09-07 08: 00: 00	2 875	2 890	0.52	多云	少遮光
5	2019-09-07 08: 30: 00	3 341	3 335	0.18	多云	少遮光
6	2019-09-07 09: 00: 00	3 632	3 620	0.33	多云	少遮光
7	2019-09-07 09: 30: 00	3951	3 960	0.23	多云	少遮光
8	2019-09-07 10: 00: 00	4 207	4 220	0.31	多云	少遮光
9	2019-09-07 10: 30: 00	3 929	3 935	0.15	阴	少遮光
10	2019-09-07 11: 00: 00	4 018	4 030	0.30	阴	少遮光
11	2019-09-07 11: 30: 00	2 098	2 105	0.33	阴	半遮光
12	2019-09-07 12: 00: 00	2 565	2 580	0.58	阴	半遮光
13	2019-09-07 12: 30: 00	2 513	2 500	0.52	阴	半遮光
14	2019-09-07 13: 00: 00	1 842	1 820	1.19	阴	半遮光
15	2019-09-07 13: 30: 00	2 761	2 750	0.40	阴	少遮光
16	2019-09-07 14: 00: 00	1 574	1 560	0.89	阴	少遮光
17	2019-09-07 14: 30: 00	1 426	1 440	0.98	阴	少遮光
18	2019-09-07 15: 00: 00	1 132	1 120	1.06	阴	少遮光
19	2019-09-07 15: 30: 00	1 673	1 660	0.78	阴	少遮光
20	2019-09-07 16: 00: 00	1 229	1 230	0.08	阴	少遮光
21	2019-09-07 16: 30: 00	1 194	1 180	1.17	阴	少遮光
22	2019-09-07 17: 00: 00	1 029	1 040	1.07	阴	少遮光
23	2019-09-07 17: 30: 00	2 201	2 200	0.05	阴	无遮光
24	2019-09-07 18: 00: 00	1 009	1 000	0.89	阴	无遮光

通过测试时系统监测数据与人工监测数据对比得, 误差率在 2%以内。生产测试前, 通过手动设置的方式确定当天光照强度要求的参考指标: 光照强度平均值(2 300~2 450 lx)和光照强度最高值(4 500 lx), 系统根据实时天气数据等因素动态计算各个时间段光照强度的范围, 使调光工作有可靠的参考值作为指导。应用刷新时, 同步更新监测情况与天气信息, 方便技术员同时掌握实时的监测结果与天气情况。测试当天, 天气多云转阴, 根据系统的智能预判流程, 确定为“多云时达到光照强度最高值, 阴时控制光照强度, 使光照强度在适宜范围内”, 系统根据初步预判结果结合已有经验值、太阳能气象站的实时天气数据动态计算光照范围, 光照偏离光强范围时移动终端发出警报。监测结果表明, 上午多云时得到当天光照强度最高值, 后续监测结果受天气和调光的影响有波动, 但总体控制在 1 000~2 750 lx 之间; 当天光强平均值为 2 308 lx, 处于预设范围内。生产测试表明, 移动终端的诸多功能可充分运用于生产

工作中, 使系统的工作效果稳定可靠。

## 5 总结与讨论

系统以农业物联网三层架构体系为基础, 采用集单参数多设备信息感知、无线和以太网联合传输网络、移动客户端监测为一体的物联网技术, 实现海带育苗过程光照强度的精确采集、实时监测。生产监测试验所得结果显示系统运行稳定, 信息采集和实时监测达到使用要求, 相对于传统方式明显提升了对光照强度的监测能力。

在设计上, 为了进一步提高系统的信息化管理水平, 可从以下方面扩展改进:

(1) 系统以树莓派作为硬件处理器, 目的是在保证系统运行更稳定的同时, 提供更大的开发空间。在本系统的基础上搭建全方位海带育苗实时环境因子监测系统是下一步的研究方向, 利用嵌入式系统加强海带育苗的信息化管理, 进一步实现育苗生产的标准化、精细化。

(2) 深度挖掘积累的光照强度监测大数据, 通过云计算、机器学习、大数据挖掘等技术加强对数据分析的能力, 进而加强智能预判能力。

(3) 系统结构与监测模式根据不同水产品的养殖方式来调整, 将系统推广到其他水产品的养殖生产中, 有利于实现精准养殖, 推动水产养殖的精准化和信息化发展。

#### 参考文献:

- [1] 于霄汉. 海带养殖育苗监测系统的设计与实现[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.  
Yu Xiaohan. Design and implementation of monitoring systems nursery kelp cultivation[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2015.
- [2] 穆元杰, 欧阳美, 王富军, 等. 物联网技术在海带育苗光照强度监测中的应用[J]. 山东农业科学, 2016, 48(1): 134-137.  
Mu Yuanjie, Ouyang Mei, Wang Fujun, et al. Application of internet of things in light intensity monitoring of kelp seedling[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2016, 48(1): 134-147.
- [3] 李道亮. 物联网与智慧农业[J]. 农业工程, 2012, 2(1): 1-7.  
Li Daoliang. Internet of things and wisdom agricultural[J]. Agricultural Engineering, 2012, 2(1): 1-7.
- [4] 毛力, 肖炜, 杨弘. 用信息融合技术改进水产养殖水质监控系统[J]. 水产学杂志, 2015, 28(2): 55-58.  
Mao li, Xiao Wei, Yang Hong. Improvement of aquaculture water quality monitoring system by information fusion technology[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2015, 28(2): 55-58.
- [5] 华芳芳, 张伟, 江莹旭, 等. 基于 Web 的水产养殖环境监控物联网系统[J]. 农业工程, 2014, 4(3): 27-30.  
Hua Fangfang, Zhang Wei, Jiang Yingxu, et al. IOT surveillance system of standard environment of aquaculture based on Web[J]. Agricultural Engineering, 2014, 4(3): 27-30.
- [6] 肖瑞超, 位耀光, 他旭翔, 等. 工厂化水产养殖水质监测系统[J]. 水产学杂志, 2017, 30(5): 51-56.  
Xiao Ruichao, Wei Yaoguang, Ta Xuxiang, et al. A water quality monitoring system in recirculating aquaculture[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2017, 30(5): 51-56.
- [7] 栾培贤, 王常安, 闫学春, 等. 基于物联网的镜鲤池塘养殖环境监测系统[J]. 水产学杂志, 2019, 32(2): 49-54.  
Luan Peixian, Wang Chang'an, Yan Xuechun, et al. An environmental monitoring system for a mirror carp culture pond based on internet of things[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2019, 32(2): 49-54.
- [8] 李道亮, 杨昊. 农业物联网技术研究进展与发展趋势分析[J]. 农业机械学报, 2018, 49(1): 1-20.  
Li Daoliang, Yang Hao. State-of-the-art review for internet of things in agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(1): 1-20.
- [9] 尹宝全, 曹闪闪, 傅泽田, 等. 水产养殖水质检测与控制技术研究进展分析[J]. 农业机械学报, 2019, 50(2): 1-13.  
Yin Baoquan, Cao Shanshan, Fu Zetian, et al. Review and trend of water quality monitoring and control technology in aquaculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(2): 1-13.
- [10] 王艳辉, 姬晓飞, 钱绕金. 温室光照度控制系统[J]. 计算机系统应用, 2014, 23(11): 67-70.  
Wang Yanhui, Ji Xiaofei, Qian Raojin. Greenhouse illumination control system[J]. Computer Systems & Applications, 2014, 23(11): 67-70.
- [11] 云中中华, 白天蕊. 基于 BH1750FVI 的室内光照强度测量仪[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2012, 12(6): 27-29.  
Yun Zhonghua, Bai Tianrui. Indoor light intensity measuring instrument based on BH1750FVI[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2012, 12(6): 27-29.
- [12] 陈昕, 朱彤, 李贤烈. 基于树莓派的数传电台数据传输系统设计与实现[J]. 火力与指挥控制, 2018, 43(11): 128-132, 137.  
Chen Xin, Zhu Tong, Li Xianlie. Data transfer system design and implementation based on Raspberry Pi and digital radio[J]. Fire Control & Command Control, 2018, 43(11): 128-132, 137.
- [13] 郭鹏飞, 温志渝, 周颖, 等. 基于树莓派的远程水质监测系统设计与实现[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2018, 32(4): 186-192.  
Guo Pengfei, Wen Zhiyu, Zhou Ying, et al. Design of remote water quality monitoring system based on Raspberry Pi[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2018, 32(4): 186-192.
- [14] 李卓然. 基于嵌入式 Linux 的水产养殖物联网监测系统设计与实现[J]. 农机化研究, 2019, 41(11): 229-233.  
Li Zhuoran. Design of aquaculture network monitoring system based on embedded Linux[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2019, 41(11): 229-233.
- [15] 贾宝红, 钱春阳, 宋治文, 等. 设施蔬菜物联网管理系统的构建及应用[J]. 河南农业科学, 2015, 44(2): 156-160.  
Jia Baohong, Qian Chunyang, Song Zhiwen, et al. Construction and application of management system for facility vegetable based on internet of things[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2015, 44(2): 156-160.
- [16] 吴卓葵, 张文峰, 曾涛. 基于 Wi-Fi 的温室群环境多参数监测系统设计与实现[J]. 广东农业科学, 2014, 41(10):

- 189-193.  
Wu Zhuokui, Zhang Wenfeng, Zeng Tao. Design of multi-parameter monitoring system for greenhouse group environment by Wi-Fi[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41(10): 189-193.
- [17] 段青玲, 刘怡然, 张璐, 等. 水产养殖大数据技术研究进展与发展趋势分析[J]. *农业机械学报*, 2018, 49(6): 1-16.  
Duan Qingling, Liu Yiran, Zhang Lu, et al. State-of-the-art review for application of big data technology in aquaculture[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2018, 49(6): 1-16.
- [18] 陈英义, 成艳君, 杨玲, 等. 基于改进深度信念网络的池塘养殖水体氨氮预测模型研究[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(7): 195-202.  
Chen Yingyi, Cheng Yanjun, Yang Ling, et al. Prediction model of ammonia-nitrogen in pond aquaculture water based on improved multi-variable deep belief network[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(7): 195-202.
- [19] 钟兴, Christopher A Mattson, 孙昌权. 基于智能监控系统的水产养殖可持续性分析[J]. *中国农机化学报*, 2017, 38(11): 97-102.  
Zhong Xing, Christopher A Mattson, Sun Changquan. Sustainability analysis of aquaculture based on intelligent monitoring system[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2017, 38(11): 97-102.
- [20] 盛宝利, 王青岩, 钱瑞, 等. 北方海带夏苗培育的关键技术[J]. *河北渔业*, 2018, (7): 24-26.  
Sheng Baoli, Wang Qingyan, Qian Rui, et al. The key technology of summer seedling cultivation of kelp in North China[J]. *Hebei Fisheries*, 2018, (7): 24-26.

## Design and implementation of illumination monitoring system for kelp seedling cultivation

DU Xing-lin<sup>1</sup>, LIU Chun-e<sup>1</sup>, ZHANG Qi-yu<sup>1</sup>, LIU Feng<sup>1</sup>, SONG Yu-e<sup>2</sup>,  
WANG Cheng-guo<sup>1</sup>

(1. Yantai Academy, China Agricultural University, Yantai 264670, China; 2. School of Electrical and Information Engineering, Beijing Polytechnic College, Beijing 100042, China)

**Received:** Dec. 26, 2019

**Key words:** kelp seedling; illumination intensity; monitoring system; internet of things

**Abstract:** The most basic step in the production of kelp, an important edible algae variety, is the cultivation of kelp seedlings. In the kelp seedling cultivation process, illumination intensity is considered a key monitoring indicator owing to its strong variability and significant impact. To address the lack of sophistication, inaccuracy, and inefficiency of current methods for monitoring kelp seedling illumination intensity, we built an advanced monitoring system for this purpose based on relevant research results. This system uses Wi-Fi communication and wireless LAN plus internet communication with mobile client applications as the main business control center. This center monitors the illumination conditions and retrieves external environmental parameters from the illumination sensor, weather station, and other equipment in the kelp seedling nursery. Information about the seedling environment is provided to a remote server through the wireless node. Through the development of the system application layer, changes in the illumination parameters of the kelp seedlings are monitored by the client's mobile device. The results of our simulation production test indicate that the proposed system is stable, its real-time monitoring and alarm functions meet system requirements, and the informatization level of kelp seedling production is improved. This study provides certain reference for promoting the accurate cultivation of kelp and other algae.

(本文编辑: 赵卫红)