

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2013.01.010

基于 .NET 的池塘养殖数字化管理系统

王志勇, 谌志新, 汤涛林, 江涛

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 农业部渔业装备与工程重点开放实验室, 上海 200092)

摘要: 为了促进水产养殖健康发展, 基于 .NET Framework 技术作为开发环境, Access 作为后台数据库开发了一套池塘养殖数字化管理系统, 并对系统进行了硬件架构和软件设计。硬件架构由水质监测与管理系统、自动投饵系统和投喂决策系统组成。根据测量的水温、溶氧量和酸碱度等信息, 结合鱼类生长需要形成合理的投喂量和最佳的投喂时间, 实现池塘养殖数字化管理。应用试验表明, 系统能够对养殖水体进行实时监测和控制, 达到精准投喂, 系统平均降低饲料系数 20%, 提高摄食量 1.5~2.0 倍。

关键词: 池塘养殖; 数字化; .NET; 系统架构

中图分类号: S 969.31

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2013)01-0058-05

Digital management system for pond culture based on .NET

WANG Zhiyong, CHEN Zhixin, TANG Taolin, JIANG Tao

(Key Lab. of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture; Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China)

Abstract: To promote the healthy development of aquaculture, by hardware architecture and software design, we developed a digital management system for pond culture based on .NET framework technology and Access database. The hardware architecture consists of water quality monitoring and management system, automatic feeding system and feeding decision system. According to the information such as water temperature, dissolved oxygen, pH and fish growth, we determined the reasonable feeding amount and the best feeding time, which realized the digital management for pond culture. The experiment shows that the system can monitor and control water quality in real-time to realize accurate feeding; it reduces feed conversion ratio by 20% averagely, and increases feeding amount by 1.5~2.0 times.

Key words: pond culture; digitalization; .NET; system architecture

中国是世界第一水产养殖大国, 养殖产量占全球的 70%。但中国的水产养殖业普遍还处于粗放型状态, 水产养殖自身的生态结构和传统养殖方式的缺陷, 使得大部分养殖存在许多问题: 水产养殖过程所用的设施条件还不够完善, 机械化、自动化程度不高, 水处理技术落后, 饲料转化率低, 投喂过剩不仅影响养殖效益, 同时过多的饲料沉淀又造成渔场老化, 水质污染严重, 进而导致鱼类疾病和死亡率增高^[1-2]。虽然可以通过增加养殖面积来增加养殖总量, 但养殖效益已明显下降, 水产品质量

降低。日益突出的水产品质量安全问题, 是当前制约水产养殖持续健康发展的主要因素。目前国内研究主要集中在水质监测方面, 如李清民等^[3]设计的远程分布式水产养殖监控系统, 刘兴国等^[4]研究的水质监测技术安全保障系统及应用, 孙龙霞等^[5]设计的养殖水质监测与智能化管理系统, 但在精准投喂方面研究报道较少。而国外的水产养殖设施先进, 水质监测管理自动化、饵料投喂科学化、精准化。如 RAHMAN^[6]研究的养殖水质与鱼生长关系, GENARO^[7]设计的基于模糊逻辑控制的

收稿日期: 2012-07-04; 修回日期: 2012-08-27

资助项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目 (nycytx-49-12)

作者简介: 王志勇(1979-), 男, 助理研究员, 从事现代渔业装备研究。E-mail: wzy279@sina.com

集中式投饵系统, BARORD 等^[8]研究的养殖密度和水温对鱼类生长和摄食的影响, FANG 等^[9]设计的集约式养殖智能投饵系统。笔者在自动投饵系统设计的基础上开发了池塘养殖数字化管理系统, 结合水体环境监测结果以及鱼类生长信息, 分析形成适宜的投喂时间和投喂量, 以提高饲料利用率、节约养殖成本, 减少水体自身污染, 进而构建池塘健康养殖的新模式。

1 逻辑结构设计

该系统以鱼的生长特点出发, 结合水环境影响因素、饲料营养参数以及养殖记录等数字模块, 基本涵盖了养殖过程中的内部因素和外部客观条件, 实现管理员对养殖过程进行科学决策。系统结构见图 1。关系型数据库包含了养殖品种数量、池塘基本信息以及投放饲料的溯源问题。多参数传感器集成及传输系统, 包括对水温、溶解氧(dissolved oxygen, DO)、酸碱度(hydrogen ion concentration, pH)的采集和处理, 当某个参数超过警戒值时系统将发出警报, 告知管理人员尽快采取措施以避免损失。投喂决策通过控制远程自动投饵机得以实现, 根据池塘养殖品种的生长数字模型结合传感器测量的环境因子变化情况, 确定投喂时间和投喂量, 形成自动投饵策划。

2 系统架构

养殖过程中除了定量定时的投饵外, 水的 pH、温度以及 DO 都是鱼生长的重要环境因素。

传统的养殖管理, 上述的环境因素是由工作人员在现场定时检测并做适当修正, 以确保鱼的正常生长, 不仅浪费人力资源而且容易因人为因素造成时间延迟而致鱼死亡。该系统架构考虑即时性的传感器测量信号采集、处理以及远程监控能力, 提供操作人员随时监控远端的环境参数^[10-12], 整体架构见图 2。

2.1 硬件架构

2.1.1 自动投饵系统 自动投饵系统已经设计并投入使用^[13], 该系统基于气力输送原理设计, 结合 PLC 和触摸屏进行控制, 系统可以实现多路饲料配送、自动投饵控制等, 投饵过程可以进行远程控制或手动操作, 方便进行投饵量、投饵速度、投饵距离的设置。投喂决策系统通过 PPI 协议与自动投饵系统的控制器 PLC S7-200 直接进行通讯。将投饵时间、优化后的投饵量传输给投饵机的控制系统, 控制执行机构做自动投饵动作。

2.1.2 水质监测与管理系统 该系统主要由主控计算机、现场传感器、无线智能测控终端设备等组成。通过 RS-485 总线将数字传感器与无线智能测控终端连为一体, 构成现场监控单元。无线测控终端内置 CPU 模块、数据存储模块、控制模块、通用分组无线服务技术(general packet radio service, GPRS)数据通信模块。直接通过 GPRS 分组交换技术将现场数据与远程控制中心连接, 将采集到的水温、DO、pH 数据实时发送到远程数据库服务器。温度和 DO 测量分别选用 WQ101 温度传感器和 WQ401 溶氧度传感器, pH 测量采用威尼尔 pH-

图1 池塘养殖数字化管理系统结构图

Fig. 1 Structure of digital management system for pond culture

图2 系统整体架构

Fig. 2 Integral architecture of system

图3 水质监测与管理系统界面

Fig. 3 Interface of water quality monitoring and management system

BTA型传感器。水质监测与信息处理系统采用model 6309PDT系统,该系统由单芯片微电脑设计的多元多功能的测试与控制器,可同时显示pH、DO、温度等数据。根据在线监测数据可以及时开启水温调节装置、增氧机、抽水机进行水质环境调节^[14-17](图3)。

2.1.3 自动投喂决策系统 池塘养殖品种的生长数字模型结合传感器测量的环境变化情况,确定投喂时间和投喂量,形成自动投喂策划^[18-19]。投喂决策系统模块是该系统的核心功能,系统实现了水质监控、生长模型和投饵系统的融合,实现精准投喂和集中控制投喂。投饵策划原理是由鱼的当前体质量和鱼生长需求确定最大投饵量,图4为鱼类摄食生长模型,环境因素满足投饵条件时与自动投饵系统通信,控制其投饵。在18~28℃的情况下鱼类摄食所需要的 $\rho(\text{DO})$ 一般要求 $3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上,

图4 鱼类摄食生长模型

Fig. 4 fish feeding and growth model

从养殖生产的安全性、经济性角度考虑,以水体DO为指标的淡水鱼类养殖投饵控制应为水体 $\rho(\text{DO}) < 2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时投饵机停止运行; $\rho(\text{DO})$ 在 $2\sim 5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时投饵机变频运行; $\rho(\text{DO}) > 5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时投饵机正常工作。池塘水质pH合理范围为7.4

~8.3, 当超出范围时系统启动抽水机进行水质调节。

2.2 软件设计

2.2.1 开发环境选择 该软件系统涉及对象繁多, 包括鱼、环境因子、生长模型、养殖记录、饲料等, 因此要求开发平台是一种面向对象的环境, 代码维护容易、具有远程运行和维护系统的能力, 本地运行和基于 web 运行的一致性。经过研究分析, 采用基于 .Net Framework 4 架构进行平台开发。 .Net Framework 4 是一个用于生成、部署和运行可扩展标记语言 (extensible markup language, XML), Web 服务和应用程序的、支持跨平台开发的多语言环境。该方案还提供了语言之间的继承性, 公共语言运行库是应用程序的执行引擎和功能齐全类库, 负责安全地载入和运行用户程序代码。在 .NET Framework 中提供了功能强大的基础类库, 包含了对 ActiveX 数据对象 (activex data objects, ADO)、XML、结构化查询语言、安全性和多线程处理等支持。平台完全能满足软件系统研发的需求, 确保该系统的顺利完成^[20]。

2.2.2 管理系统软件设计 出于对系统的可扩展性、兼容性和代码可重用性等方面的考虑, 软件采用三层分布式设计 (图 5)。采用三层分布式设计的特点是适合 Internet/Intranet 环境, 可以使系统有很强的可扩展性和可管理性; 分布式环境可以保证系统的稳定性, 同时拥有较高的性能。表示层是用户直接操作的界面, 供用户提交或显示

查询信息。业务逻辑层是整个系统的核心, 为客户端提供程序调用的业务逻辑规则, 对用户权限的判定以决定访问不同信息的功能, 提供访问数据层的接口以完成其业务操作。该数字化管理系统构建了池塘管理、养殖日常记录、饲料管理、生长模型管理、环境监测与报警、自动投喂策划、自动投饵系统的集中控制、数据报表等八大管理模块。系统软件的后台为关系型数据库, 为所有对象提供存储和查询功能。数据库管理系统选用 Access 2010, 基于 Windows 操作系统下的集成开发环境, 集成了各种向导和生成器工具, 支持本地数据库或远程数据库的连接^[21]。数据库主要对池塘信息、饲料信息、养殖品种及数量、投喂情况等数据作日常记录和储存。

3 系统应用

该池塘养殖为混养模式, 主养草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)。每个池塘面积约 3 000 m², 水深 2 m, 每个池塘配备 3 kW 叶轮式增氧机 1 台, 4 寸水泵 1 台, 投饵机为集中式投喂, 采用 7.5 kW 气动式输送投喂, 1 台投饵机可以控制 8 ~ 16 个池塘的投喂。表 1 为池塘不同水质环境下的鱼类摄食率。应用试验显示, 24 ~ 30 °C 下草鱼在 $\rho(\text{DO})$ 为 5 ~ 6 mg·L⁻¹ 时的摄食量要比 $\rho(\text{DO})$ 为 3.0 ~ 3.5 mg·L⁻¹ 时高 1.5 ~ 2.0 倍。pH 为 7.4 ~ 8.5 时鱼类摄食量较佳, 适合鱼类快速生长, 在系统控制范围内养殖的饲料系数平均降低 20% 左右。

图5 系统软件设计

Fig. 5 Design of system software

表1 池塘养殖水质与摄食率

Tab.1 Water quality and feeding rate of culture pond

水温/°C water temperature	$\rho(\text{DO})/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ dissolved oxygen	酸碱度 pH	摄食率/% feeding rate
20.9	3.32	6.53	2.35
21.2	3.14	7.26	2.80
21.7	3.20	8.30	2.92
24.8	3.05	7.85	2.04
24.9	4.79	7.80	3.35
25.2	5.54	7.98	4.20
25.1	4.06	8.05	3.55
27.4	3.96	7.78	3.82
29.8	3.94	7.93	4.15

4 小结

该系统采用 Microsoft.NET 平台进行架构,对温度、pH、DO 等水产养殖环境参数进行自动监测与控制,同时将环境影响因素与自动投饵系统相结合,并根据鱼类生长需要进行精准投喂,实现池塘养殖数字化管理。不仅节约饲料,还能减少残余饲料对水环境的污染,减少鱼类疾病和死亡率,对于控制养殖风险、提高生产效益具有实际的意义。

水产养殖环境对象具有多样性、多变性,包含了很多影响因素,国内在数字渔业方面研究较少,大多集中在某一环节,或水质监测,或自动投饵等,与国外自动化、数字化的水产养殖管理相比还存在很大差距。该研究将水质监测、自动投饵、鱼类生长需要有效结合,对于探讨数字化精准渔业技术,模拟专家经验来解决养殖实际问题,有一定的研究价值,但也存在一些不足。养殖投喂决策系统的一个关键因素是鱼类生长模型,目前国内对养殖鱼的生长模型研究还刚刚起步,需要通过对大量养殖品种的生长情况进行归纳分析,在养殖过程中对生长模型不断修正,完善建立各品种的生长模型库,使此课题成果的运用范围更广阔,真正地为养殖企业服务。

参考文献:

- [1] 谷序文, 龚璐军, 刘全礼. 我国池塘养殖现状与高效健康生态养殖技术[J]. 科学养鱼, 2010(1): 80.
[2] 陈军, 徐皓, 倪琦, 等. 我国工厂化循环水养殖发展研究报告

- [J]. 渔业现代化, 2009, 36(4): 1-7.
[3] 来清民, 马涛. 基于现场总线的远程分布式水产养殖监控系统[J]. 信阳师范学院学报, 2006, 19(2): 199-202.
[4] 刘兴国, 刘兆普, 王鹏祥, 等. 基于水质监测技术的水产养殖安全保障系统及应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 186-191.
[5] 孙龙霞, 於锋, 陈新华. 水产养殖水质监测与智能化管理系统的研发[J]. 中国农机化, 2011(3): 115-118.
[6] RAHMAN M M, NAGELKERKE L A J, VERDEGEM M C J, et al. Relationships among water quality, food resources, fish diet and fish growth in polyculture ponds: a multivariate approach[J]. Aquaculture, 2008, 275(1): 108-115.
[7] GENARO M, SOTO Z, ENRIQUE R G, et al. Fuzzy-logic-based feeder system for intensive tilapia production[J]. Aquac Int, 2010, 18(3): 379-391.
[8] BARORD G J, KEISTER K N, LEE P G. Determining the effects of stocking density and temperature on growth and food consumption in the pharaoh cuttlefish, *Sepia pharaonis*, Ehrenberg 1890[J]. Aquac Int, 2010, 18(3): 271-283.
[9] FANG W, CHANG C M, SHYU C Z, et al. Development of an intelligent feeding system for indoor intensive culturing of eel[J]. Aquac Eng, 2005, 32(2): 343-353.
[10] 顾群, 陆春华. 计算机远程监控系统在水产养殖中的应用[J]. 仪表技术与传感器, 2004(10): 38-40.
[11] BOYD C E. Pond water aeration systems[J]. Aquac Eng, 1998, 18(1): 9-40.
[12] TIMMONS M B, EBELING J M. Recirculating aquaculture[M]. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2007: 201-207.
[13] 王志勇, 谏志新, 江涛, 等. 标准化池塘养殖自动投饵系统设计[J]. 农业机械学报, 2010(8): 77-80.
[14] 苗雷, 汤涛林, 王鹏祥. 养殖水体水质的神经网络预测模型研究[J]. 渔业现代化, 2009(6): 20-24.
[15] MAIER H R, DANDY G C. Neural network based modeling of environmental variables: a systematic approach[J]. Math Comput Model, 2001, 33(6): 669-682.
[16] 朱明瑞, 曹广斌, 蒋树义, 等. 工厂化水产养殖溶解氧自动监控系统的研究[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(3): 226-230.
[17] XU J, LIU Y, CUI S, et al. Behavioral responses of tilapia to acute fluctuations in dissolved oxygen levels as monitored by computer vision[J]. Aquac Eng, 2006, 35(3): 207-217.
[18] 刘星桥, 赵德安, 全力, 等. 水产养殖多环境因子控制系统的研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 205-208.
[19] ZHU Lixin, LI Lifang, LIANG Zhenlin. Comparison of six statistical approaches in the selection of appropriate fish growth models[J]. Chin J Oceanol Limnol, 2009, 27(3): 457-467.
[20] 鲁永泉, 张鹏洲, 周剑, 等. 基于 Microsoft.NET 平台的软件开发模型[J]. 中国传媒大学学报: 自然科学版, 2003, 10(4): 16-24.
[21] 张苗栋, 何炎平. 基于 Excel 的 Access 起重船数据库的实现[J]. 船海工程, 2010(6): 5-9.