

基于水体溶解氧含量变化趋势的增氧机控制系统研究

高阳*,陈明

上海海洋大学 信息学院, 上海 201306

摘要: 本文提出了基于水体溶解氧含量变化的增氧机控制系统, 该系统根据传感器传回的实时溶解氧数据, 通过方差和标准差算法判断一定可配置时间内水体中溶解氧含量变化。当变化幅度达到配置阈值时, 控制增氧机的开启和关闭。该系统适用于网络环境较差和低投入的水产品养殖企业, 使得这些企业在不需要集成大规模高成本网络系统的背景下, 精确控制水产品养殖水体环境中溶解氧的数值, 达到快速精细化、数字化养殖的程度。

关键词: 溶解氧; 增氧机; 智能控制

中图分类号: S969.32+1

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)05-0716-04

Study on The Control System of Aerator Based on a Varied Trend of Dissolved Oxygen Content

GAO Yang*, CHEN Ming

College of Information Technology/Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: This paper designed the control system for Aerator running with a variation in dissolved oxygen. This system can use the variance and standard difference algorithm to estimate a variation of dissolved Oxygen in some time according to the real-time data from the sensor. When the variation went up to the configured thresholds, Aerator tuned on or out. The system was applied to aquaculture enterprises with a poor network and low input to make them achieve a rapid refined digital aquaculture with fewer or without costs.

keywords: Dissolved Oxygen; Aerator; intelligent control

目前增氧机控制大多集中于当水体中的含氧量高于或者低于某个数值时对增氧机进行开关控制。例如颜波等提出的基于物联网的水产养殖智能化监控系统^[1]; 王志勇等提出的基于.NET 的池塘养殖数字化管理系统^[2]; 蒋建明等提出的基于无线传感器网络的节能型水产养殖自动监控系统^[3]等。他们建立的管理系统都是基于网络的, 而在实际情况下, 养殖场大多处于城市的郊区和农村, 这些地区的网络环境相比城市来说相对较差, 无法达到更加精确的养殖管理, 尤其是水产养殖中水质的管理, 因此, 迫切需要提出一套不依赖于网络便可以正常运行的水产养殖水质的管理系统。

在水质管理中, 水体溶解氧的精细化管理至关重要, 水体的溶解氧含量将决定水产品的质量、成活率以及发病率^[4]。本文根据水体含氧量和变化趋势, 并以继电器开关保护来控制增氧机的开启和关闭操作, 可以有效的避免上述情况, 同时可达到与上述需求相同的效果。形成一种自适应的增氧机控制系统。

1 增氧机控制模型

本文提出的自适应增氧机控制模型, 建立于搭载有水体含氧量传感器以及增氧机控制电路箱的增氧机上, 传感器实时将采集到的水体含氧量数据保存在控制箱内的存储芯片当中, 控制核心通过计算一定时间内的水体含氧量的变化以及变化趋势, 根据不同的计算值, 控制增氧机开启或关闭。由于考虑到增氧机的频繁开关操作会降低增氧机电机和继电器开关的寿命, 本模型还设置了开启等待时间差的条件, 以确保不允许增氧机过度频繁开启和关闭。

1.1 增氧机硬件模型

本文提出的增氧机, 需对普通增氧机进行改进。首先需在增氧机控制电路箱内搭载中控电路板, 板中搭载控制核心芯片、64 MB 闪存以及 Wifi 或 GPRS 通信模块, 其中 Wifi 或 GPRS 模块可根据实际情况添加或不添加; 其次, 需在增氧机外搭载水体含氧量传感器连接于中控电路板中。

收稿日期: 2016-01-23

修回日期: 2016-02-08

基金项目: 2012 年度国家 863 计划项目: 动物精细养殖关键技术与装备(2012AA101905)

作者简介: 高阳(1992-), 男, 汉族, 硕士, 主要从事水产养殖智能控制. E-mail: gy396334313@gmail.com

***通讯作者:** Author for correspondence. E-mail: gy396334313@gmail.com

1.2 自适应增氧机控制模型

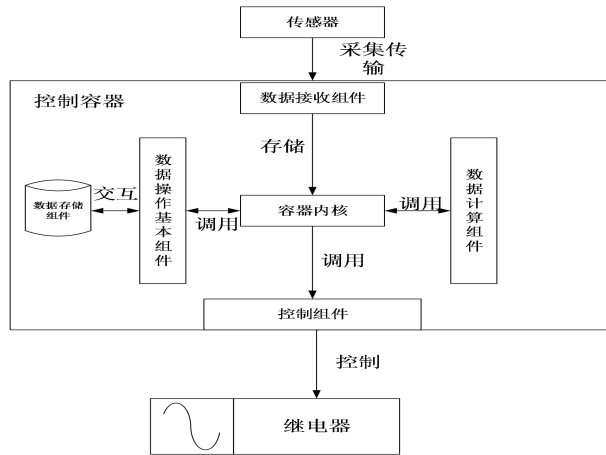


图 1 自适应增氧机控制模型

Fig.1 The control model of self-adaptive Aerator

如图 1 所示，传感器将采集到的数据传输给控制容器，控制容器中的数据接收组件调用容器内核通过数据操作基本组件与存储数据库交互。容器内核通过数据操作基本组件和数据计算组件计算相应的数据进行逻辑判断，根据逻辑判断调用控制组件对增氧机的继电器进行相应的开关控制。

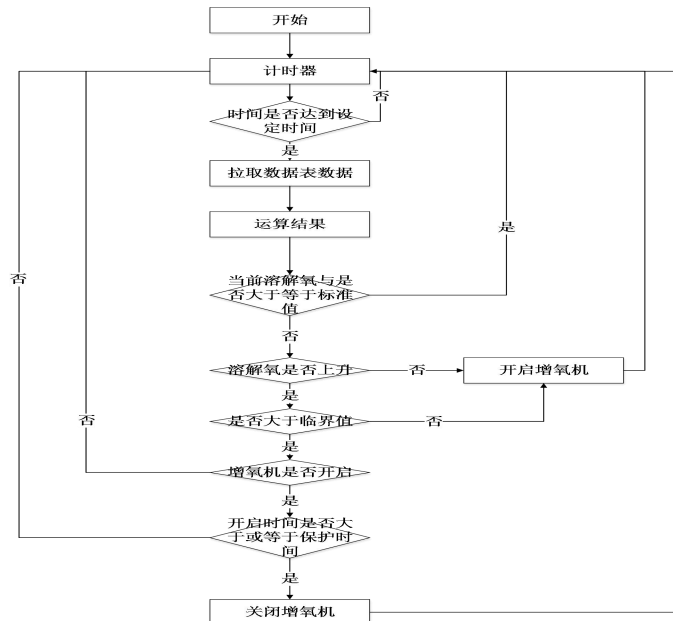


图 2 微型自适应增氧机控制系统主逻辑模型

Fig.2 The main logic control system of micro self-adaptive aerator

如图 2 所示，判断当前水体中溶解氧含量是否大于等于设定的标准值如果是，则放弃后面运算，计时器重新开始计时进行下一周期的判断。如果否，则继续判断水体中溶解氧的含量是否上升，如果溶解氧的含量没有在上升，则说明溶解氧的含量在下降或者稳定在当前数值上，那么需要向继电器发送开启增氧机的命令。如果，溶解氧是在上升，则继续判断溶解氧上升的幅度，如果溶解氧上升的幅度小于或等于临界值则开启增氧机。如果溶解氧上升幅度大于临界值，则判断当前增氧机是否开启。若增氧机当前没有开启，则跳过下面判断进行下一周期，计时器重新计时。若增氧机当前状态为开启，则判断其开启的时间是否大于或等于保护时间，若大于或等于保护时间则关闭增氧机，若小于保护时间，则重新计时，进行下一个周期。

2 微型增氧机控制算法

2.1 数据处理算法

在 1.2 中所述, 当计时器达到计时时间时, 控制芯片需要将周期时间内的所有数据拉取并进行计算, 计算分为两个步骤, 首先计算当前水体含氧量与设定标准含氧量的差值, 并给出结果, 其次计算该周期内水体含氧量的趋势以及上升或下降的幅度。

第一步, 计算周期时间内最后一条数据与设定标准数据的差值。该值表示当前水体溶解氧含量与标准溶解氧含量的差值, 由于对于水产养殖来说, 水体中的含氧量实时会有细微的差别, 故而判断当前含量时候高于标准水平的临界一定是一个范围, 故若该差值大于临界范围上限则说明当前水体含氧量高于标准含量, 若差值在临界范围内, 则说明当前水体含氧量与标准含量相当, 若差值小于临界范围下限则说明当前水体含氧量地域标准含量。具体算法如下:

$$f(x) = \begin{cases} -1, x - a_{(standard)} < C_{(down)} \\ 0, C_{(down)} \leq x - a_{(standard)} \leq C_{(up)} \\ 1, x - a_{(standard)} > C_{(up)} \end{cases} \quad (1)$$

如函数 (1) 所示, x 为当前水体的溶解氧含量单位为 mg/L , 代表设定的标准水体溶解氧含量单位为 mg/L , 表示临界范围下限单位为 mg/L , 表示临界范围上限单位为 mg/L 。公式 1 的结果为三种: -1、0、1 分别代表当前水体溶解氧含量低于标准含量、当前水体溶解氧含量与标准含量相当、当前水体溶解氧含量高于标准含量。

第二步, 在计算周期时间内水体含氧量的趋势中, 将周期时间内所有数据按照时间顺序排列, 累加前一项的值减去后一项的值, 若结果小于 0, 则说明水体中在本周期时间内的溶解氧含量的趋势是下降的, 若结果等于说明本周期时间内的溶解氧含量的趋势是稳定的, 若结果大于 0 则说明溶解氧含量的趋势是上升的。具体算法如下:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} -1, \sum_{i=2}^n (x_i - x_{i-1}) < 0 \\ 0, \sum_{i=2}^n (x_i - x_{i-1}) = 0 \\ 1, \sum_{i=2}^n (x_i - x_{i-1}) > 0 \end{cases} \quad (2)$$

如函数 (2) 所示, 表示按照时间顺序排列的周期时间内的所有水体溶解氧含量的数据, 单位为 mg/L 。若函数结果为-1 说明这段周期时间内水体的溶解氧含量是下降的, 同理若等于 0 说明是稳定的, 若大于 0 说明是上升的。

在计算周期时间内水体含氧量的变化幅度中, 将按照时间顺序排列的周期时间内水体溶解氧含量数据做标准差处理, 从实际情况出发, 将 0 作为幅度不变的临界值是不合理的, 在实际情况下, 临界值必然是一个范围, 若标准差超过这个范围, 才说明水体中的溶解氧是具有变动幅度的, 若标准差在临界范围内, 将认为该水体的溶解氧含量变化是不明显的。具体算法如下:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} 0, \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=2}^n (x_i - x_{i-1})^2} < K (K \text{ 为常数}) \\ 1, \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=2}^n (x_i - x_{i-1})^2} \geq K (K \text{ 为常数}) \end{cases} \quad (3)$$

函数 (3) 所示, 表示按照时间顺序排列的周期时间内的所有水体溶解氧含量的数据, 单位为 mg/L 。由于对数据做标准差算法, 其结果必然大于或等于 0, 故 K 值为水体溶解氧变化幅度临界范围上限值, 单位为 mg/L 。若结果为 0, 说明水体溶解氧变动幅度不大, 可近似认为水体溶解氧含量在可控范围内无变动; 反之, 若结果为 1, 说明水体的溶解氧变动幅度较大, 可认为溶解氧含量在周期时间内发生了较大的变动。

3 实验及结论

3.1 实验环境搭建

本文采用 MSP430 作为中控电路板, 搭载有电极式溶解氧传感器、64 MB Flash 存储芯片以及 GPRS 模块。监控上海海峰水产品养殖合作社中养殖南美白对虾的两个池塘, 其中一个池塘使用微

型自适应增氧机称为 A 池塘, 另一个池塘使用传统增氧机增加溶解氧传感器以实时监控水中溶解氧含量作为对照组, 称为 B 池塘。

其中 A 池塘的增氧机控制系统设置水体溶解氧实时采集数据周期为 1 min; 数据计算周期为 30 min; 数据上传周期为 30 min; 设定水体溶解氧标准值为 5 mg/L, 差值临界范围为(-0.35,0.35)单位为 mg/L; 设定水体溶解氧浮动临界值 K 为 0.5 单位为 mg/L; 本实验将对 A、B 池塘监控一月, 每天从 Flash 存储芯片中拉取上一天的数据进行数据分析。

3.2 实验数据分析

本文随机选取一个月中某一天的数据进行比对, A 池塘中的水体溶解氧含量折线如下图所示:

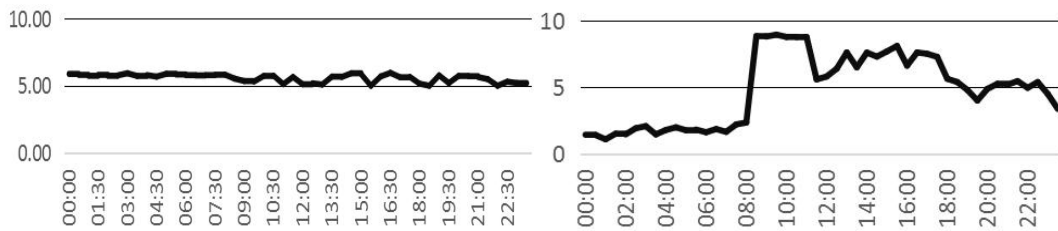


图 3 池塘 A 一天内水体溶解氧含量变化趋势折线图 图 4 池塘 B 一天内水体溶解氧含量变化趋势折线图
Fig.3 The change trend of dissolved oxygen contents in the water body of the pond A on day Fig.4 The change trend of dissolved oxygen content in the water body of the pond B on day

图 3 为池塘 A 一天内水体溶解氧含量变化趋势折线图, 从图中可以看出, 由于池塘 A 搭载有本文提出的微型增氧机控制系统, 故一天内的溶解氧含量趋于稳定在 4 mg/L~6 mg/L 之间, 对于南美白对虾来说, 高密度养殖的平局水体溶解氧含量应在 5 mg/L 以上^[5], 故该水平是符合高密度南美白对虾的养殖水体溶解氧含量的。

图 4 所示, 为同一天池塘 B 水体溶解氧含量的变化趋势折线图, 池塘 B 中采用传统手动开关式的增氧机进行增氧, 可以看出池塘 B 水体的溶解氧含量变化趋势非常大, 在 0 点至 8 点期间甚至低于南美白对虾养殖的标准溶解氧含量, 这样的情况下, 养殖品的死亡率和发病率都会增加给养殖场带来巨大的损失。

4 结论

从实验分析可以看出, 微型自适应增氧机控制系统是可行的, 对比分析结果, 该系统将水体的溶解氧含量稳定在设定的标准溶解氧含量的范围之内, 整体上来讲, 水体的整体溶解氧变化趋势稳定, 适合于养殖品的生存, 增加养殖品的存活率、减少养殖品的发病率, 节约养殖成本。同时, 相对于大型智能增氧机控制系统来讲, 微型自适应增氧机系统的成本极低, 养殖场或企业只需安装相应的传感器、微型控制电路板便可以进行精细化池塘的溶解氧含量管理。增加通信模块, 可增加该微型系统的可扩展性, 既该微型系统也可以接入大型 C/S 架构的智能增氧机控制系统, 对水体的溶解氧含量进行进一步精细化控制, 同时, 数据传输的代价通过实验数据包分析可以看出是十分小的。

5 总结与展望

随着嵌入式硬件系统体系的逐渐完善, 硬件成本逐渐降低, 可搭载的控制芯片处理性能逐渐增加, 在本模型的基础上进一步的加入模糊控制算法、小型专家系统等, 使得增氧机控制系统更加智能化。再而随着物联网技术逐渐深化, 每一个节点设备都是可计算的设备, 增加通信模块组成网络, 可更加高效的控制水体溶解氧含量, 从而向智慧农业的目标又更加进一步。

参考文献

- [1] 颜波,石平.基于物联网的水产养殖智能化监控系统[J].农业机械学报,2014,45(1):259-265
- [2] 王志勇,谏志新,汤涛林,等.基于.NET的池塘养殖数字化管理系统[J].南方水产科学,2013,9(1):58-62
- [3] 蒋建明,史国栋,李正明,等.基于无线传感器网络的节能型水产养殖自动监控系统[J].农业工程学报,2013,29(13):166-174
- [4] 许靖浦.南美白对虾高密度养殖管理技术探析[J].吉林农业,2014(15):58-59
- [5] 杭小英,周志明,李倩,等.不同养殖模式对南美白对虾生长、病害发生与水质的影响[J].江苏农业科学,2014,42(5):191-193