

水产养殖物联网系统集成与安全预警研究

黄雅玉¹, 鄂旭^{1,2}, 杨芳³, 周津¹, 盖佳妮¹

- (1. 渤海大学教育学院, 辽宁锦州 121000;
2. 渤海大学信息科学与技术学院, 辽宁锦州 121000;
3. 渤海大学实验管理中心, 辽宁锦州 121000)

摘要: 中国是水产养殖大国,总产量连续多年位居世界第一位。但是国内水产养殖业发展却是以消耗和占用大量资源为代价的,生态失衡和环境恶化问题日益凸显。为此,针对水产品安全系数低、养殖过程智能化程度低的状况,提出了基于信息感知的水产养殖物联网系统集成与安全预警方法。以系统集成为指导思想,以集约化水产养殖的水质监控设备为研究对象,将在线智能诊断技术应用在水质监控系统中,通过建立信息传输技术体系架构,利用信息参数的无线数据传输、自动信息采集节点等技术,精确可靠地获得了养殖参数信息,并通过系统结构和预测预警方法的设计,实现了水产养殖智能化和自动化运行。研究表明,该系统集成理念与安全预警方法是可行和有效的,并且对于其他的类似应用也具有借鉴价值。

关键词: 信息感知;系统集成;无线采集;无线汇聚节点;最小二乘支持向量回归机

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2017)09-0201-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2017.09.044

Research on Integration of Internet of Things System and Security Early Warning in Aquaculture

HUANG Ya-yu¹, E Xu^{1,2}, YANG Fang³, ZHOU Jin¹, GAI Jia-ni¹

- (1. Education College, Bohai University, Jinzhou 121000, China;
2. School of Computer Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121000, China;
3. Experiment Management Center, Bohai University, Jinzhou 121000, China)

Abstract: China is the biggest aquaculture country in the world, in which gross product has been the most for many years. However, since Chinese aquaculture has been developed at the cost of consuming and occupying large amount of nature resource, the problems of ecological imbalance and deterioration of the nature environment have become more and more prominent. Therefore, in view of the situation of low aquaculture safety factor and low intelligent level in breeding process, a method of system integration and security prediction of aquaculture Internet of Things based on system perception is proposed, in which with system integration as guiding ideology and intensive aquaculture water quality monitoring equipments as investigated objects, the online intelligent diagnosis technology is applied in water quality monitoring system. The breeding parameter information has been acquired in an accurate and reliable way via establishment of information system structure with transmission technologies and adoption of wireless data transmission of information parameter, automatic information collection node and other technologies. System structure, prediction and early warning methods have been designed and intelligent and automatic operation of aquaculture has been implemented eventually. The research shows that it is feasible and effective, which is of reference value for other similar applications.

Key words: information perception; system integration; wireless data acquisition; wireless sink node; least squares support vector regression machine

收稿日期: 2016-05-31

修回日期: 2016-09-08

网络出版时间: 2017-07-11

基金项目: 辽宁省社会科学规划基金项目 (L16BJY001); 辽宁省自然科学基金项目 (20170540005, 2014020141); 辽宁省社会科学规划基金重点项目 (L14AGL001)

作者简介: 黄雅玉 (1986-), 女, 研究生, 研究方向为现代教育技术; 鄂旭, 教授, 通信作者, 研究方向为食品安全物联网。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170711.1451.004.html>

0 引言

作为物联网技术重点应用领域之一的农业,其对物联网技术的需求最迫切,集成特征最明显,难度系数亦最大^[1-3]。物联网浪潮的来临,对现代农业的发展,如水产养殖、畜禽养殖、园艺设施等行业领域的各种要素实行科学化管理,精准化运行,智能化控制等,实现“全面感知、可靠传输以及智能处理”,达到优质、安全、高效、高产的目标^[4-9]。系统集成根据系统工程学的指导和用户需求,选取各种优质技术、产品,将分离的各个子系统连接成一个经济有效的整体,使它们彼此协调工作,整体性能达到最优。物联网基于互联网、电信网等信息载体,让各个能被独立寻址的物理对象实现网络的互联互通^[10-14]。为此,在研究水产养殖传输技术体系框架建模的基础上,提出了基于信息感知的水产养殖物联网系统集成和建模方法,进而设计并实现了监控设备诊断系统的设备集成、系统结构和预测预警方法。

1 水产养殖传输技术体系架构的建模

1.1 水产养殖传输技术体系架构

若想真正达到物联网的最终目标,需打破传统的孤立形态,形成新一代和电信网融合的物联网,克服原始信息传输系统之间无关联的交互方式。如图 1 所示,该系统能够实现信息参数的无线数据传输和自动信息采集节点,使人们精准地获取养殖参数信息。

物联网网络传输共性平台-物联网虚拟异构专网



图 1 水产养殖物联网传输技术体系架构

1.2 基于能量和距离的无线传感器网络分簇路由协议

高效的分簇算法形成的网络结构,阻止网络连通性下降,延长了网络的生命周期。典型的无线传感器网络分簇路由协议是 LEACH 协议,而 EECS 协议则是一种在 LEACH 协议基础上经典的改进算法。LEACH 算法中,节点根据通信代价最小原则决定加入哪个簇,不仅不能保证簇的负载平衡能量,且忽略了距离基站较远簇头的能量耗费过快等问题。针对这些问题,EECS 提出新的通信代价(见式(1))决定节点加入哪个簇。

$$\text{cost}(i, j) = wf[d(P_j, \text{CH}_i)] + \text{万方数据 } w) \cdot g[d(\text{CH}_i, \text{BS})] \quad (1)$$

$$f = \frac{d(P_j, \text{CH}_i)}{d_{f_{\max}}} \quad (2)$$

$$g = \frac{d(\text{CH}_i, \text{BS}) - d_{g_{\min}}}{d_{g_{\max}} - d_{g_{\min}}}$$

其中, $\text{cost}(j, i)$ 为节点 P_j 加入簇头 i ; $d(P_j, \text{CH}_i)$ 为节点与簇头的距离; f 子函数则为保证最小化节点与簇头间的通信代价; $d(\text{CH}_i, \text{BS})$ 为簇 i 到基站间的距离; 权值 w 的设置根据具体应用,在簇头能量消耗之间与成员节点能量折衷,目标就是最大化网络生命周期。节点 P_j 选择 $\text{cost}(j, i)$ 最小的簇头 i 加入,保证每个簇头的负载均衡。

实验结果显示,EECS 协议比 LEACH 协议的网络生命周期提高了 30% 以上。

2 水产养殖物联网系统集成问题描述

2.1 水产养殖物联网系统集成思想

系统集成的水平很大程度上影响物联网系统的效应和效率,将所有孤立的系统建立联系,构成一个经济有效实用、完整可靠、可扩充维护的水产养殖物联网平台。

2.2 水产养殖物联网系统集成建模

2.2.1 集成原则

水产养殖物联网系统集成是运营维护融为一体的重要环节,包括前端信号采集、网络传输过程和后台,是一项非常具有挑战性的任务,如不遵循一些原则,就会产生许多问题。水产养殖物联网系统集成必须满足用户需求,即安全可靠、实用性、遵循系统先进性、兼顾经济性、扩充可维护性等原则。

2.2.2 集成步骤

水产养殖物联网系统集成的步骤对于不同的应用有不同的决策,可将其分为三个阶段,每个阶段又分若干步骤。以下结合水产养殖物联网给出系统集成的具体步骤。

(1) 系统集成方案设计阶段:需求分析;系统集成方案设计;方案论证。

(2) 工程实施阶段:感知设备集成;网络设计;应用服务集成与实现;系统测试。

(3) 验收和维护阶段:系统验收;系统维护和服务;项目总结。

3 模拟实验

针对国内农业信息化应用模式多、需求复杂多变,而基础设施薄弱的特点,采用智能信息服务等关键技术,为现代农业技术体系提供有力的支撑,构建了一个面向服务的集成环境和运行支撑平台。该案例构建了水产养殖物联网应用实例,详细介绍了水产养殖物联

网监控设备诊断系统的设备集成、系统结构和预测预警方法,建立以最小支持向量回归为数学模型的集约化水产养殖水质预测模型。

3.1 设备集成

水产养殖监控设备包含无线采集节点、无线汇聚节点、水质传感器、Web 访问端和远程服务器。水产养殖物联网系统选用的集成设备除了具有最基本的功能

外,还具有设备状态、传输、电池电量的信息记录等功能,并充分考虑了接口标准、数据通道等方面。

3.2 系统结构设计

水产养殖水质监控设备故障在线智能诊断系统软件按结构层次划分为数据访问层、应用层、表示层,如图 2 所示。

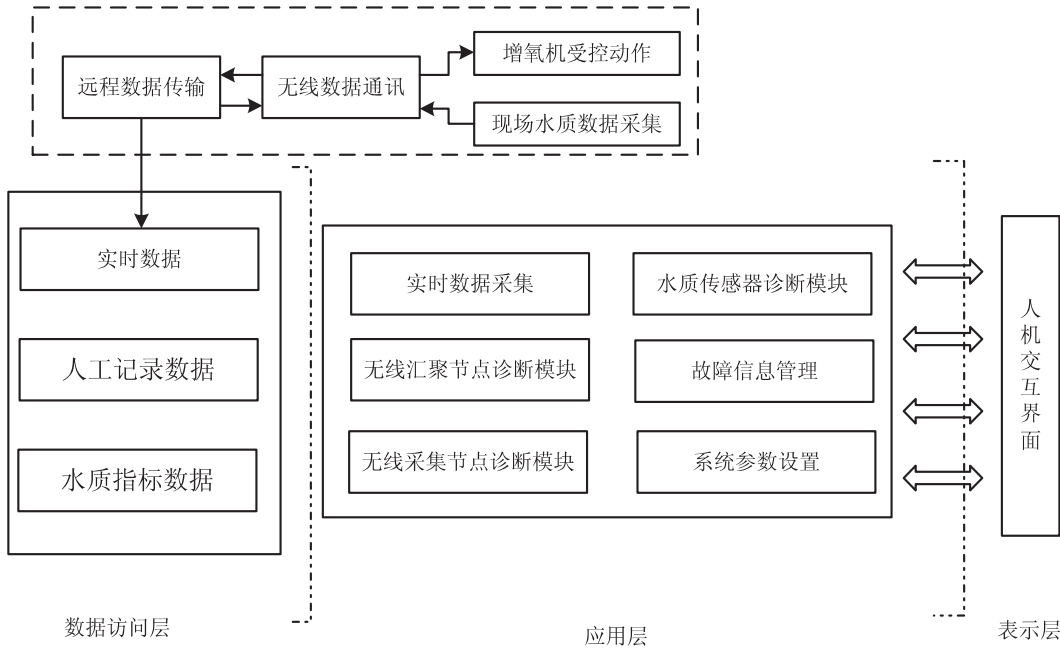


图 2 水产养殖水质监控设备故障在线智能诊断系统软件结构

3.3 预测预警方法

采用最小二乘支持向量回归机解决函数估计问题。LSSVR 采用不等式约束,将损失函数和误差平方作为训练集的经验损失,且将支持向量机中传统的解二次规划问题转化成求解线性方程组的问题,有效提高了收敛精度和计算速度,具有良好的推广性。其最小二乘支持向量回归机的数学模型如式(3)和式(4)所示:

minJ(ω,ξ)=C2ωTω+C2∑i=1lξTξ(3)

yi=ωTφ(xi)+b+ξi(i=1,2,⋯,l)(4)

其中,xi∈Rl和yi=Rl分别为系统的输入和输出向量;ξi∈R为经验误差;b为偏置量;C∈R+为正则化参数;φ(⋅)为输入空间到特征空间的非线性映射。

求解上述约束优化问题,其对偶问题的 Lagrange 多项式函数为式(5)所示:

L(ω,b,ξ,α)=J(ω,ξ)−∑i=1lαi(ωφ(xi)+bξi−yi)(5)

其中,α=[α1,α2,⋯,αl]T为拉格朗日乘子。

分别对ω,b,ξi,αi求偏导数并令其分别等于0,得到如式(6)所示的线性系统:

{∂L∂ω=0→ω=∑i=1lαiφ(xi)∂L∂b=0→∑i=1lαi=0∂L∂ξi=0→αi=Cξi∂L∂αi=0→ωTφ(xi)+b+ξi−yi=0(6)

式(6)消去ω,ξi,得如式(7)所示的线性方程组:

[0IT][b]=[0y](7)

其中,I=[1,1,⋯,1]T;E为l×l维的单位矩阵;

y=[y1,y2,⋯,yl]T,Ωij=φ(xi)⋅φ(xj)=K(xi,xj)为满足 Mercer 条件的核函数,所求的最小二乘支持向量回归机数学模型如下所示:

y=f(x,α)=∑i=1lαikh(xi,xj)+b(8)

核函数选择至今没有统一标准。经研究发现,相同条件下选择高斯 RBF 核函数较其他核函数为实际问题获得了更为满意的预测效果,因此,该系统采用高斯核函数作为 LSSVR 模型的核函数。得到的 LSSVR 模型如下所示:

$$f(x)=\sum_{i=1}^l\alpha_i\times\exp(-\frac{\|x_i-x_j\|^2}{2\sigma^2})+b\tag{9}$$

4 系统分析

该系统的监控平台使用户很容易通过实施精准的方法监测水产养殖水质参数,同时监控计算机对系统数据进行分析处理并做出相应的控制决策。

4.1 数据归一化预处理

为消除各指标的量纲不同,缩小统一指标值的变换范围,采用式(10)和式(11)对样本指标进行归一化预处理。对于越大越优的指标,归一化表达式为:

$$x'_{it}=\frac{x_{it}-x_{i_min}}{x_{i_max}-x_{i_min}}\tag{10}$$

对于越小越优的指标,归一化表达式为:

$$x'_{it}=\frac{x_{i_max}-x_{it}}{x_{i_max}-x_{i_min}}\tag{11}$$

其中, x_{i_max} 和 x_{i_min} 分别为第 i 个指标的最大值和最小值; x_{it} 为第 i 个指标的第 t 个指标值; x'_{it} 为指标 x_{it} 归一化后的值。

4.2 算法实现及性能分析

SVM 分类器基于径向基核函数,其性能由参数 (C,σ) 决定,不同取值的 C 和 σ 会得到分类性能不同的 SVM 分类器。为选择最优的 (C,σ) 参数组合,采用可避免过学习或欠学习的 k 折交叉验证法用来实现。算法初始化为: $0\leq C\leq 200,0.1\leq \sigma\leq 10$,且最大循环 Time=1 000。通过优化计算获取 SVM 最优参数组合: $C=115.0,\sigma=3.492$ 。并将参数代入 RS-SVM 分类模型中,进行养殖水质预警。其测试集判定情况如表 1 所示,结果对比如图 3 所示。

表 1 基于 RS-SVM 分类模型对测试集判定情况

级别	实际数值	实际数值	正确判定数	判定正确率/%
无警	80	80	75	93.75
轻警	12	12	11	91.67
中警	22	22	21	95.45
重警	4	4	4	100

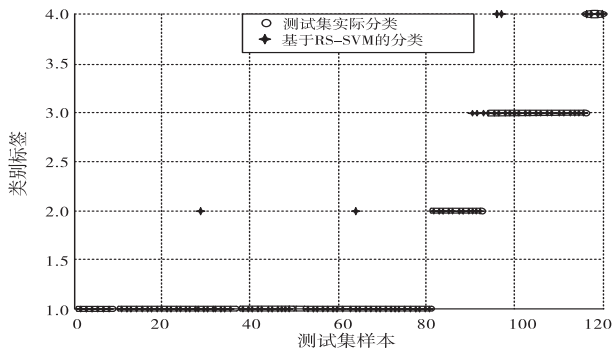


图 3 实际测试集分类与基于 RS-SVM 的分类图
由表 1 和图 3 可知,该预警模型精度都达到了

90% 以上,能充分满足集约化水产养殖的真实需要。

5 结束语

针对国内水产品安全系数低、养殖过程智能化程度低的状况,提出了基于信息感知的水产养殖物联网系统集成与安全预警方法。该方法以系统科学理论为指导思想,采用相应的集成技术,将水产养殖物联网技术中各个孤立的系统进行有机组合,并采用最小二乘支持向量回归方法,建立了水产养殖安全预测预警模型,以提高算法的收敛精度和计算速度,设计并实现了一个安全可靠、经济性好的水产养殖物联网系统。虽然通过对数据归一化预处理的研究解决了各指标的量纲不同等问题,能基本满足集约化水产养殖的实际需要,但模型的预警精度还需要进一步提高。

参考文献:

[1] 李道亮. 物联网与智慧农业[J]. 农业工程,2012(1):1-7.
[2] 鄂旭,杨明婧,励建荣,等. 能量均衡的数据融合隐私保护算法研究[J]. 计算机工程,2016,42(4):126-130.
[3] 李道亮. 农业物联网导论[M]. 北京:科学出版社,2012.
[4] E Xu, Lin Shuang, Jin Lulu. Data recovery method for seafood quality safety system based on rough set theory[J]. International Journal of Security and Its Applications, 2014, 8(5): 195-202.
[5] 邵良杉,赵琳琳. 区间直觉模糊信息下的双向投影决策模型[J]. 控制与决策,2016,31(3):571-576.
[6] 刘源,靳登超,赵金才,等. 基于单片机的养殖水质自动监控系统[J]. 自动化技术与应用,2010,29(2):101-103.
[7] 吴子岳,赵婷婷. 水质在线监测系统及检测分析方法[J]. 渔业现代化,2007,34(4):28-29.
[8] Babaoglu İ, Findik O, Ülker E. A comparison of feature selection models utilizing binary particle swarm optimization and genetic algorithm in determining coronary artery disease using support vector machine[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(4):3177-3183.
[9] Avci E. Selecting of the optimal feature subset and kernel parameters in digital modulation classification by using hybrid genetic algorithm-support vector machines: HGASVM[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(2):1391-1402.
[10] 鄂旭. 物联网电子技术[M]. 北京:清华大学出版社,2014.
[11] 鄂旭,侯宝明,毕佳娜,等. 基于物联网的智能农业[J]. 计算机技术与发展,2014,24(9):164-167.
[12] Frank H. Risks, uncertainties and profits[M]. Charleston, South Carolina: Nabu Press, 2010.
[13] 吴曼青. 物联网与公共安全[M]. 北京:电子工业出版社,2012.
[14] 陈君石. 食品安全风险评估概述[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(1):4-7.