

基于物联网的家禽生产过程管理系统的设计与实现^{*}

陈羊阳¹, 陈红茜², 李辉³, 汪成¹, 王佳¹, 孟超英¹

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京市, 100083; 2. 中国农业大学网络中心, 北京市, 100083;
3. 中国农业大学教务处, 北京市, 100083)

摘要:为提高家禽生产过程信息化管理水平,避免人为干扰而产生的家禽应激反应,实时监测家禽生产环境,保障家禽福利,提高企业经济效益,本文设计并实现基于物联网技术的家禽生产过程管理系统。系统采用浏览器/服务器模式(B/S),记录家禽的生产过程信息及智能传感器传输的实时环境参数、栖架称重、水电、音频、视频数据,对海量、多类型的结构化数据与非结构化数据进行有效提取,设定提取方案及算法,实现数据的有效直观表达,构建面向企业用户需求的环境数据、生产资料消耗、盈亏曲线统计分析报表,方便企业用户更加直观的了解生产情况,为养殖生产过程改良及优化提供完整的数据基础。该系统目前已经在中国农业大学上庄实验站开展示范应用。

关键词:物联网;家禽福利;统计分析报表;预警;盈亏曲线

中图分类号:S24; S831 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5553(2015) 04-0232-07

陈羊阳,陈红茜,李辉,汪成,王佳,孟超英. 基于物联网的家禽生产过程管理系统的设计与实现[J]. 中国农机化学报, 2015, 36(4): 232~237, 244
Chen Yangyang, ChenHongqian, Li Hui, Wang Cheng, Wang Jia, Meng Chaoying. Design and implementation of poultry production process management system based on the Internet of things [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2015, 36(4): 232~237, 244

0 引言

目前我国家禽产业稳步发展,产业结构不断调整、优化,家禽产量从 2004 年 2 370(万吨)、2009 年 2 742.47(万吨)到 2013 年 2 876.06(万吨)逐年攀升,产值不断增加,已成为世界最大的生产国之一。随着我国各地区家禽养殖户、企业的数量不断增加,养殖产业规模不断扩大,传统养殖管理技术效率低下,产品质量安全难以保证等问题开始显现^[1-2]。传统家禽养殖生产过程管理信息化水平低,大多通过人工现场查看、录入方式收集相关数据,家禽容易受到人为干扰从而产生应激反应;且生产过程中的管理数据大多为手工纸质记录,数据不易长期保持,不方便整合、统计分析,养殖企业无法直观快速了解到家禽舍生产的真实情况。如何有效实现家禽舍管理水平的标准化、数字化、信息化,是服务我国家禽产业发展亟需解决的问题。

物联网(Internet of Things, IoT)是传感器、互联网和信息处理技术高度融合的新一代信息技术,已被公认为继计算机和互联网之后信息技术产业的又一次浪潮^[3]。物联网指通过信息传感设备,按照约定的协议,把任何物体与互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种

网络,它是互联网基础上的延伸和扩展的网络^[4]。近年来物联网与农业领域的应用结合逐渐紧密,形成了农业物联网及其应用。农业物联网对推动信息化与农业现代化融合、精细农业应用与实践等方面具有至关重要的作用^[5-6]。基于物联网的农业信息化主要为设施农业建设服务^[8],包括农业生产过程智能化管理与决策、疾病防疫与疫情防控、农产品质量安全追溯与监管、远程视频调度与决策等四个方面的研究^[7]。物联网技术能为推动家禽舍信息化提供重要技术支持,但已有相关研究大多停留在理论研究阶段,或仅为小规模示范应用^[8-12]。由于存在一定的理论与技术瓶颈,物联网技术大规模应用于家禽养殖企业实际生产管理的案例并不多见。

本文旨在利用物联网技术构建一套符合实际生产需求的家禽生产过程应用服务系统:基于已有的家禽舍环境信息采集硬件设备,研究家禽舍生产过程管理系统的技术方法、实现基于 WEB 系统的智能管理关键技术;通过利用数字化、物联网架构将养殖生产过程信息有效的管理起来,并通过设定指标,选取有效数据进行统计分析将生产情况直观表达,提高家禽生产管理水平。主要关键技术包括:(1)根据实际养殖情况构建合适的网络体系结构;(2)面向养殖企业需求的

收稿日期:2015 年 3 月 13 日 修回日期:2015 年 4 月 21 日

^{*} 基金项目:“十二五”科技支撑(2014BAD08B05)——设施养殖数字化智能管理技术设备研究

第一作者:陈羊阳,男,1991 年生,新疆石河子人,硕士研究生;研究方向为计算机网络、农业计算机应用等。E-mail: hicyy2010@126.com

通讯作者:孟超英,女,1958 年生,吉林人,教授,博导;研究方向为计算机网络、计算机应用等。E-mail: mecy@cau.edu.cn

家禽生产过程各个环节有效数据的存储和展示。(3) 构建数据选择性表达方案及算法,对家禽舍环境数据及生产资料消耗数据进行科学有效分析、统计,构建面向企业需求的数据分析、统计报表。本系统已在中国农业大学上庄实验站开展示范应用,可为家禽企业管理者提供科学、准确、直观的呈现生产情况,减少了家禽舍的管理成本,对于家禽舍生产过程管理水平提高及家禽行为研究等有重要的作用和意义。

1 系统总体框架设计

基于物联网的家禽生产过程管理系统是基于家禽生产过程各个阶段建立的,使家禽生产各个环节信息数字化、标准化、透明化。同时,对家禽舍内环境参数信息(包括:温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度、氨气浓度、气压、气流、粉尘八项指标)、舍内栖架称重信息、水电消耗信息、音频信息、视频信息进行实时监测,并通过大量数据进行选择性提取有代表性数据,生成生产相关的统计分析报表,家禽舍环境信息自动预警服务,实现对家禽舍生产过程各个阶段信息进行完整的管理。

1.1 系统层次架构

本系统采用基于浏览器/服务器(Browser/Server)结构,通过界面层、业务逻辑层、数据存储及应用部署层,将家禽生产过程管理各个阶段的信息完整的传输、处理、存储在数据库中,为系统用户提供家禽生产过程管理各个阶段的详细信息。系统架构图如图1所示。

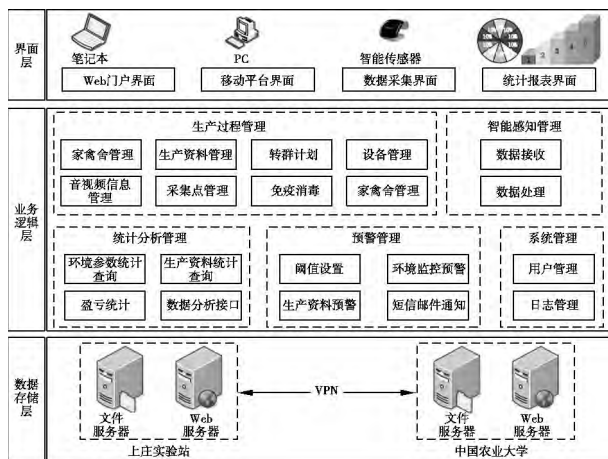


图1 基于物联网的家禽生产过程管理系统架构图

Fig. 1 Based on the Internet of things of poultry production process management system architecture diagram

1) 界面层。界面层负责控制系统的显示逻辑,是用户与系统交互的窗口。用户登录系统,系统对用户信息进行验证,针对不同设定的用户权限展示不同的用户功能。用户登录系统后可向WEB服务器发出请求,WEB服务器接收请求,通过业务逻辑处理,将需要

的数据信息生成动态网页,展示给用户。

2) 业务逻辑层。业务逻辑层是系统主要功能和业务逻辑的核心处理部分。业务逻辑层通过接收界面层用户发送的请求消息,调用所需业务逻辑和数据对其进行计算和判断处理,将结果信息返回给界面层。

3) 数据存储层。数据存储及应用部署层体现系统的服务器组织架构及其数据的存储位置。对业务逻辑层提供数据访问服务,方便家禽生产过程各阶段信息的添加、修改、删除、检索等功能。并对实时采集的家禽舍环境参数数据、音频、视频数据提供进行高性能的存储服务,这些数据也成为系统的核心数据基础。

1.2 系统功能模块

由于家禽生产过程智能管理系统在家禽舍环境信息实时监测、智能预警、统计分析等方面对促进家禽生产过程管理水平,提高家禽产蛋量方面有重要作用^[13],且生产过程中的各个环节的管理技术也在不断提高,所以系统的开发和完善是一个动态的过程,系统设计时要尽可能的低耦合、可扩展、应用性高。

本系统的主要功能分为生产过程管理、统计分析管理、预警管理、基础信息管理、系统管理等模块。系统的功能模块图如图2所示。

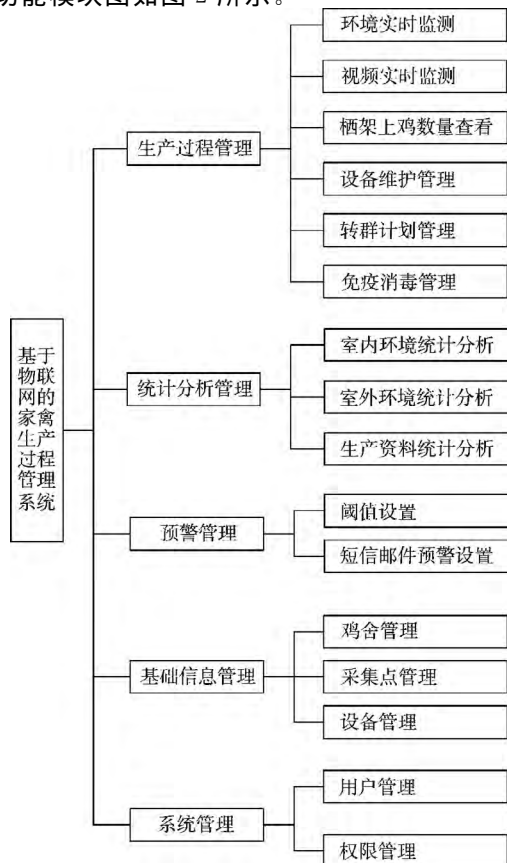


图2 基于物联网的家禽生产过程管理系统功能模块图

Fig. 2 Based on the Internet of things of poultry production process management system function diagram

1.2.1 生产过程管理

生产过程管理模块负责记录的生产过程各环节的基础信息管理、实时环境信息、栖架重量信息和视频信息的展示。用户可记录每天的生产消耗情况(死淘、耗料、蛋料比等)及产量(产蛋个数)情况,对转群计划、免疫消毒、日常设备维护等信息进行管理,同时可远程查看家禽舍内外的环境信息、视频及栖架上家禽个数等,帮助用户及时了解到家禽舍内外情况。同时保证生产全过程信息完整及有效,为生成过程监测及质量溯源提供数据基础。

1.2.2 统计分析管理

统计管理主要包括家禽舍内、外环境数据的统计分析查询,生产资料的统计分析查询。统计管理部分是根据用户的需求,将智能传感器采集的数据和家禽舍管理人员录入的数据信息进行处理、融合,将结果以折线图、饼状图或柱状图的方式展示统计分析结果。同时可提供报表生成、下载功能,为生产管理工作提供数据基础。同时对家禽舍管理员录入的生产资料信息进行管理,方便用户检索特定时间段(日、月、季度、年)的生产资料消耗信息,并生成相应的统计报表、柱状图,更加直观的表现出生产资料的消耗情况,方便管理员及时了解生产资料情况,规避风险。

1.2.3 预警管理

预警管理包括设定环境参数阈值及短信邮件设置。系统自动定时查看当前环境参数,判断是否超过设定阈值,超过则给管理员发送短信及邮件,及时将家禽舍内外情况报告给管理人员。邮件预警如图 3 所示。



图 3 邮件预警示意图

Fig. 3 Email alert

1.2.4 系统管理

系统管理包括用户管理和权限管理。系统中有 4 个角色,分别是家禽舍管理员、家禽舍普通用户、远端超级管理员、远端普通用户。不同角色拥有不同的管理及浏览权限。管理员可对系统生产过程信息、生产资料价格、用户信息、环境参数信息、预警阈值、短信邮件设置进行操作和管理。普通用户只有对信息进行浏览和简单录入的功能。

2 系统使用与应用

2.1 开发运行环境

1) 开发环境:服务器采用 Windows Server 2003 操作系统, Tomcat 服务器, MySQL 数据库服务器。

2) 开发工具:为提高开发效率,多平台兼容,减少开发周期及重复代码工作量,本系统采用 JAVA 语言, AJAX 异步传输技术,在 SpringMVC、Spring、JPA 三个开源框架下进行开发,采用 MyEclipse、Dreamweaver 作为系统的页面设计及开发工具。该工具是针对 WEB 应用系统开发的流行工具,对开发语言及开发框架有很好的操作性和兼容性,大大提高了系统的开发效率和代码的高效管理。

2.2 系统实现及关键技术

2.2.1 数据获取及展示

本系统基础数据包括通过各种智能传感器传输的结构化数据,摄像头、麦克风采集的非结构化数据(图片、音频、视频)。在上庄实验站家禽舍进行采集,将数据存储在本地的服务器中,同时本地通过移动无线网络(3G)将通过审核并处理后的结构化数据与非结构化数据同步在远端服务器,远端服务器部署 WEB 系统,为所有用户提供应用服务。通过本系统可通过 AJAX 异步传输技术^[14-15]实时展示家禽舍环境参数、实时视频等信息。具体如图 4、5、6 所示。



图 4 鸡舍内实时环境数据图

Fig. 4 Poultry house inner environment data

鸡舍号	栖架层数	栖架号	栖架重量	记录时间
4	3	5	0	2014-11-30 22:27:51.0
4	3	4	0	2014-11-30 22:27:50.0
4	3	3	2	2014-11-30 22:27:49.0
4	3	2	0	2014-11-30 22:27:48.0
4	3	1	0	2014-11-30 22:27:47.0
4	3	0	0	2014-11-30 22:27:46.0
4	2	10	1	2014-11-30 22:27:45.0
4	2	9	3	2014-11-30 22:27:44.0
4	2	8	0	2014-11-30 22:27:43.0
4	2	7	0	2014-11-30 22:27:42.0

图 5 鸡舍内实时栖架上的家禽个数展示图

Fig. 5 Real-time perched number of hens on the shelf in the poultry house display figure



图 6 鸡舍实时视频展示图

Fig. 6 Real-time video display figure

2.2.2 跨平台数据服务

本系统采用面向服务的体系结构(SOA)思想^[16],对外提供统一的 Web Service 接口,能跨平台方便的获取相关数据信息。外部平台可通过本系统提供的标准数据接口,按照接口要求调用相应的数据信息。Web Service 技术使用标准的数据格式、服务描述和通信协议在互联网上发布服务模块,客户端应用程序通过 web 向服务器发送 Http 请求,从而达到数据共享、通信的目的。Web 程序采用 JAVA 语言开发,具有面向对象、跨平台等特性,使得程序能在不同操作系统下良好运行。本系统中,web 服务一方面需要向系统用户提供应用服务,另一方面为客户端(移动终端)或第三方平台提供标准数据接口服务。

2.2.3 数据统计分析

数据统计分析主要包括对家禽舍环境参数的统计分析和生产过程管理数据的统计分析。

1) 家禽舍环境信息的统计分析。家禽舍环境数据每隔 5 分钟采集一次,积累数据量较大,一般通过一段时间的均值来体现某段时间的环境信息特征。根据生产需要,一般需要家禽舍环境参数的每日报表、每周报表、每月报表、每季度报表,使得家禽舍管理员能够直观的了解家禽舍在一段时间内的环境信息,便于管理者优化或者提高环境信息。基于不同时间段报表及其形式列出不同统计方案如下。

每日环境统计报表方案:以每一小时作为一个时间节点,共记录 24 个时间点。将每个小时内的环境参数数据计算均值来表达该小时内各个时间点的环境参数数据。某小时内环境参数计算公式

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

式中: X ——这一个小时内该环境参数的表达值;

n ——这一小时内有 n 条环境参数数据。

每周环境统计报表方案:以每小时作为一个时间节点,共记录 168 个时间点的值。每个小时时间点的数值同每日环境统计报表的计算公式相同。

每月环境统计报表方案:以每天作为一个时间节点。应用统计学方法,选择一天内每个小时的众数之和的平均值作为每天时间节点的数值。

$$X_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} (n = 24)$$

式中: X_j ——一个月内第 j 天的环境参数值;

x_i ——第 i 个小时内的众数,如果众数有多个,则对多个众数计算均值。通过统计得到 x_i ,再对

其求均值来表达第 j 天的环境参数值。

每季度环境统计报表方案:以每天作为一个时间节点。提取有效的特征数据代表本天的环境参数值,计算方法与每月环境统计报表方案相同。以每日温度环境参数统计为例,如图 7 所示。

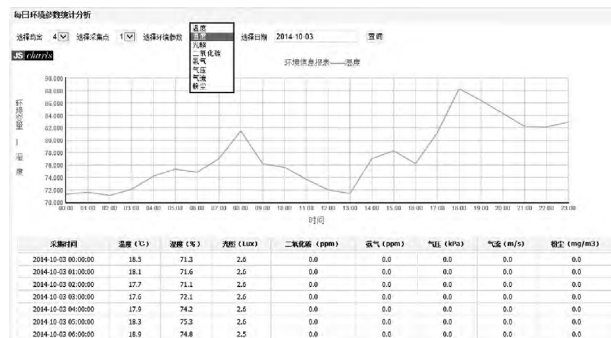


图7 每日环境参数统计分析报表图

Fig. 7 Daily environment data statistical analysis figure

2) 生产过程管理数据的统计分析。生产过程管理数据的统计分析主要包括企业对于生产资料消耗与家禽产量方面的统计。以蛋鸡为例:生产资料消耗需要统计每天的水电、死淘、耗料、料蛋比(日采食量/总蛋重)、产蛋率(鸡舍每日产个数/鸡舍存栏鸡只数)。于此同时,栖架是养殖鸡舍在栖架上安装重力传感器,系统自动统计栖架上鸡的数量以及每天鸡的平均重量。根据“海兰褐壳蛋鸡性能标准手册”中体重标准,构建及蛋鸡体重增长模拟曲线,将蛋鸡实际生长重量曲线与蛋鸡标准回归曲线进行对比展示。便于生产管理员及时了解鸡群整体体重变化情况,快速做出应急措施,尤其是育雏期蛋鸡的体重变化非常关键,对产蛋量有很大影响^[17]。生产过程管理数据统计报表如图 8、9 所示。

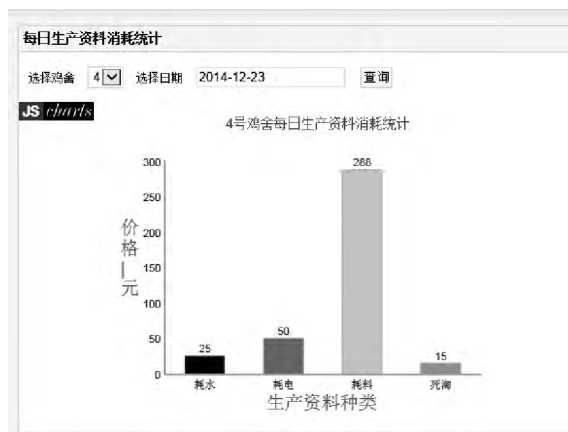


图8 鸡舍每日生产资料消耗统计图

Fig. 8 Daily production consume data statistical analysis figure

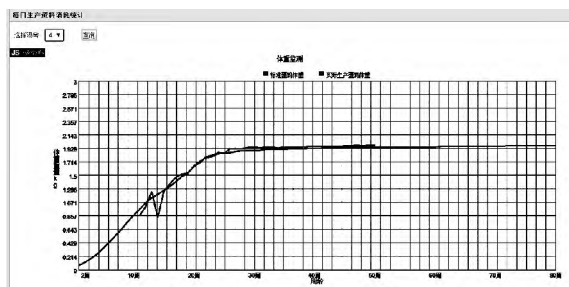


图9 蛋鸡重量曲线对比图

Fig. 9 Laying hens weight curve comparison chart

3) 盈亏曲线计算方法的建立。蛋鸡生产盈亏曲线能直观的表达蛋鸡场的运营状况以及蛋鸡的生产性能, 本系统以蛋鸡为例, 分析蛋鸡舍的收入支出指标, 综合分析构建鸡舍日盈亏曲线公式。经分析收入指标项为: 鸡蛋收益、淘汰鸡收益、鸡粪所得收益; 支出指标项为: 蛋鸡购入成本、蛋鸡水电、饲料成本、养殖人工成本、免疫消毒成本、设施折旧成本。

盈亏曲线计算方法建立步骤:

计算产蛋期每天每日鸡平摊的生产成本

$$k = \frac{k_1 - k_2 - k_3}{d_2 - d_1 + 1} (\text{元} / \text{天} \cdot \text{只})$$

式中: k ——产蛋期每天每只鸡平摊生产成本;

k_1 ——除产蛋期所消耗的水、电、料成本外的所有成本;

k_2 ——每只蛋鸡一个养殖期的鸡粪收入;

k_3 ——淘汰的产蛋鸡的销售价格;

d_1 ——蛋鸡开产日龄;

d_2 ——淘汰日龄;

计算日盈亏成本, 根据实际生产情况减去产蛋期每天每日鸡平摊成本。

产蛋期阶段盈亏分析根据公式^[18]:

(1) 日盈亏平衡蛋重

$$c = \frac{k}{b} c_1 + \frac{a_1}{b} x_1 + \frac{a_2}{b} x_2 + \frac{a_3}{b} x_3 + \frac{a_4}{b} c_2$$

(2) 日生产效益 = 鸡蛋价格 × 日净蛋重 = 鸡蛋价格 × (总蛋重 - 日盈亏平衡蛋重)

$$w = b \left[y - \left(\frac{k}{b} c_1 + \frac{a_1}{b} x_1 + \frac{a_2}{b} x_2 + \frac{a_3}{b} x_3 + \frac{a_4}{b} c_2 \right) \right]$$

式中: c ——日盈亏平衡蛋重;

w ——日生产效益;

b ——鸡蛋价格;

y ——总重量;

a_1 ——饲料价格;

a_2 ——电价格;

a_3 ——水价格;

a_4 ——死淘鸡成本;

x_1 ——日采食量;

x_2 ——日耗电量;

x_3 ——日耗水量;

c_1 ——日存栏蛋鸡数量;

c_2 ——当日死淘鸡数量。

根据上庄鸡场实际情况产蛋期每天每只鸡平摊成本约为 0.12 元/天·只, 系统绘制盈亏曲线图如图 10 所示。

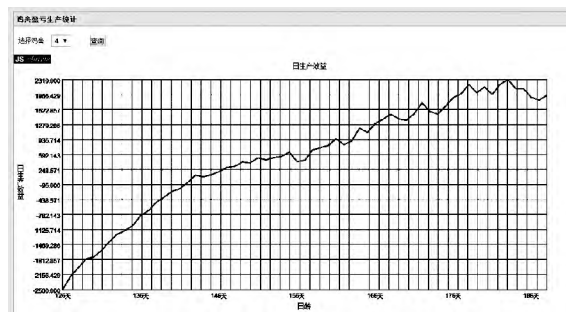


图10 盈亏曲线图

Fig. 10 Profit and loss curve chart

2.3 系统应用

目前本系统已处于不断测试运行和示范应用当中, 下面以家禽舍工作人员一天管理工作为例, 说明系统应用案例。用户登录系统后, 进入鸡舍环境实时监测界面, 可观看鸡舍的实时环境、实时视频、家禽在栖架的分布情况。同时鸡舍工作人员开始喂料、传送带收鸡蛋, 记录产蛋个数、饲料消耗量、死淘个数等生产过程信息。若有免疫消毒或转群计划, 工作人员可详实记录情况。最后可根据实际情况直观的展示家禽生产过程中各类数据统计报表及盈亏曲线分析。

经测试和初步应用效果, 本系统设计合理, UI 交互设计简单明了, 用户交互性好, 可直观了解家禽生产状况, 系统运行稳定, 对家禽生产过程管理水平有很大提高, 目前正在进一步测试和不断推广中。

3 结论与讨论

本研究以家禽生产为对象, 基于物联网技术框架, 构建了物联网应用服务系统, 设计实现了家禽生产过程管理平台。

该平台在 JSP 环境下运行, 采用 B/S 模式 MVC 架构方式开发, 确保了系统的可扩展性和可维护性, 同时系统使用 Java 语言编写, 有能很好的跨平台特性。

基于物联网智能传感器采集的相关数据信息, 通过实施展示家禽舍环境信息和实时音频、视频信息, 让系统用户第一时间了解家禽舍现场情况; 基于用户对录入的相关生产资料消耗、价格及传感器获取的水电

等信息,构建的方案及盈亏曲线计算方法,生成生产统计报表,让系统用户能直观并及时了解到家禽舍的最新生产情况,极大提高了家禽舍的管理水平)。

通过使用 WEB Services 技术,规范统一标准的数据访问服务,该系统具有分布式管理、多用户使用、便于扩展和易维护等优点。

该平台记录了家禽生产过程各个阶段的信息,为今后在家禽舍环境信息与家禽行为方面的数据挖掘及管理优化的研究提供了宝贵的数据基础,为家禽产品的溯源提供数据保障。

本系统在前期硬件研究基础之上,构建了较为完善符合企业实际需求的家禽生产过程管理系统。目前本系统已在中国农业大学上庄实验站实施使用,对4个家禽舍的生产过程信息进行有效管理。结果表明,在家禽舍管理水平方面,提高了家禽舍养殖过程信息和环境信息的监测力度,减少了家禽舍管理的劳动成本。但因为家禽舍各个生产环节在不断优化,记录的信息在不断修正和完善。在数据分析方面,如何根据用户需求,提供更加全面有效的数据信息服务,挖掘出更有用的信息,还有很大的提升空间。

参 考 文 献

- [1] 成远. 我国蛋鸡产业发展现状、问题及政策建议[J]. 农业技术与装备, 2010, (7): 4~7.
- [2] 张凤娟. 中国家禽产品出口贸易影响因素的实证研究[D]. 山东: 山东农业大学, 2013.
Zhang Fengjuan. Study on the influencing factors of chinese poultry products export trade [D]. Shandong: Shandong Agricultural University, 2013.
- [3] 夏于, 孙忠富, 等. 基于物联网的小麦苗情诊断管理系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2013, (5): 117~124.
Xia Yu, Sun Zhongfu, et al. Design and realization of IOT-based diagnosis and management system for wheat production [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29 (5): 117~124.
- [4] 孙其博, 刘杰, 等. 物联网: 概念、架构与关键技术研究综述[J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33(3): 1~9.
Sun Qibo, Liu Jie, et al. Internet of Things: Summarize on concepts, architecture and key technology problem [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2010, 33(3): 1~9.
- [5] 孙忠富, 杜克明, 等. 物联网发展趋势与农业应用展望[J]. 农业网络信息, 2010, (5): 5~8, 21.
Sun Zhongfu, Du Keming, et al. Development trend of Internet of Things and perspective of its application in agriculture [J]. Agriculture Network Information, 2010, (5): 5~8, 21.
- [6] Ji, Yan, Zhang Feng, et al. Wireless sensor traceability algorithm based on internet of things in the area of agriculture [J]. Sensors and Transducers, 2013, 151(4): 101~106.
- [7] 赵霞, 吴建强, 等. 物联网在现代农业中的应用研究[J]. 农业网络信息, 2011, (6): 5~8.
Zhao Xia, Wu Jianqiang, et al. Study on applying the Internet of Things in the modern agriculture [J]. Agriculture Network Information, 2011, (6): 5~8.
- [8] 席志富, 程文杰, 等. 物联网在现代农业中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2013, (20): 8729~8730.
- [9] 李丽华, 黄仁录, 等. 蛋鸡个体生产性能参数监测装置设计与试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 160~164.
Li Lihua, Huang Renlu, et al. Design and experiment on monitoring device for layers individual production performance parameters [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(4): 160~164.
- [10] 刘雪, 陈雪瑞, 等. 基于 WebGIS 的肉鸡养殖技术效率测评系统研究[J]. 农业机械学报, 2014, 45(10): 252~257.
Liu Xue, Chen Xuerui, et al. Design of technical efficiency evaluation system for broiler based on WebGIS [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(10): 252~257.
- [11] 陈长喜, 张宏福, 等. 肉鸡产业技术体系生产监测与产品质量可追溯平台设计[J]. 农业机械学报, 2010, 41(8): 100~106.
Chen Changxi, Zhang Hongfu, et al. Traceability platform design of production monitoring and products quality for broilers industry technology system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(8): 100~106.
- [12] Ni, J. Q., Heber, AJ, et al. Air quality monitoring and data acquisition for livestock and poultry environment studies [M]. Livestock Environment VIII-Proceedings of the 8th International Symposium, 2008.
- [13] Mertens, K., et al., Data-based design of an intelligent control chart for the daily monitoring of the average egg weight [J]. Computers And Electronics In Agriculture, 2008, 61(2): 222~232.
- [14] 姜荣昌. 畜禽养殖环境监测系统的设计与实现[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
Jiang Rongchang. The design and implementation of the barn aquaculture environmental monitoring system [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2013.
- [15] 孟庆瑞, 田兆锋, 等. Ajax 技术在农业装备信息网中的应用[J]. 农业机械学报, 2008, 39(12): 132~135.
Meng Qingrui, Tian Zhao Feng, et al. Application of ajax in the agricultural mechanization information network [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(12): 132~135.
- [16] 韩丁, 沈建京, 等. 基于 SOA 的服务构件封装技术研究[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(7): 1756~1759.
Han Ding, Sheng Jianjing, et al. Research on encapsulation of service component based on service-oriented architecture [J]. Computer Engineering and Design, 2009, 30(7): 1756~1759.
- [17] 王志跃, 陆中兰, 等. 肉用种鸡胫长、体重与产蛋量关系的探讨[J]. 中国家禽, 1992, (1): 30.
- [18] 劳凤丹. 规模化蛋鸡舍蛋鸡生产过程实施监控体系研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2013.
Lao Fengdan. Area-time monitoring architecture for large-scale laying hens production [D]. Beijing: China Agricultural University, 2013.

(下转第 244 页)

表 7 施肥对 2 年生牧草干草产量影响(姜家甸)

Tab. 7 Influence of fertilize on Jiangjiadian experiment station hay yield of 2-year-old pasture

牧草	指标	T_0	T_1	T_2
苜蓿	株高/cm	98.2	121.9	125.2
	产量/(kg·hm ⁻²)	4 297.4a	6 959.2b	7 607.26b
	增产率/%		61.94	77.02
无芒雀麦	株高/cm	64.1	74.0	74.1
	产量/(kg·hm ⁻²)	3 335.3a	3 602.1a	3 669.4a
	增产率/%		8.00	10.01
羊草	株高/cm	38.3	43.0	44.0
	产量/(kg·hm ⁻²)	1 401.8a	2 201.5ab	2 401.3b
	增产率/%		57.14	71.43

* 注:同行间不同小写字母间差异显著($P < 0.05$ 水平)。

4 小结

1) 堆肥对牧草生长具有促进作用,能提高其产量;不论是对当年的草产量,还是对第二年的草产量都有增产作用。因此有机肥作基肥或作追肥效果均佳,

是提高草产量的一项经济有效的技术措施。

2) 推广应用前景。与化肥(磷酸二铵、硫酸钾等)相比,堆肥是经过发酵腐熟,并添加许多活性物质的有机肥,给牧草增施有机肥,能有效地降低土壤和牧草中的有害物质的残留富集,这说明堆肥在牧草上施用是安全可行的,所以有机肥在牧草生产中具有广阔的推广应用。

参 考 文 献

- [1] 王海. 重盐碱及粘性土壤建坪的农艺治理措施[J]. 草业科学, 2004, 21(2): 77~78.
Wang Hai. Heavy and sticky soil salinity floor space agronomic control measures [J]. Grassland Science, 2004, 21(2): 77~78.
- [2] 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [3] 徐任翔. 人工草地施肥技术研究[J]. 草业科学, 1983, (1): 20~22, 14.
- [4] 南京农学院. 田间试验和统计方法(第一版)[M]. 北京: 农业出版社, 1979.
- [5] 田福平, 武高林, 等. 4 种土壤改良剂对多年生黑麦草的生长特性影响研究[J]. 草业科学, 2006, (11): 28~33.
Tian Fuping, Wugao Lin, et al. 4 kind of soil amendment on the growth characteristics of perennial ryegrass impact study [J]. Grassland Science, 2006, (11): 28~33.

Research on the influence of bio-organic fertilizer on grass growth and yield

Wang Lihong¹, Zhuang Changnan², Sun Xingzhi², Chang Zhe², Lai Xianming²

(1. Institute of Geographic Sciences of Baicheng Normal College, Baicheng, 137000, China;

2. Animal Husbandry Institute of Baicheng City, Baicheng, 137000, China)

Abstract: As the western Jilin artificial grass and improved grassland are lack of soil fertility, and have low productivity, the role of organic fertilizer in improving artificial turf was studied. Through testing, the application technology, economic and ecological benefits of using organic fertilizer in forage production were found out, and the influence of bio-organic fertilizer on growth and yield of forage was investigated, which provides technical support and the best demonstration of economic and ecological effects for large-scale production promotion.

Keywords: biotechnology; animal manure treatment; organic fertilizer; forage; production; use effect

(上接第 237 页)

Design and implementation of poultry production process management system based on the internet of things

Chen Yangyang¹, Chen Hongqian², Li Hui³, Wang Cheng¹, Wang Jia¹, Meng Chaoying¹

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing, 100083, China;

2. Web Center, China Agricultural University, Beijing, 100083, China; 3. Office of Academic Affairs, China Agricultural University, Beijing, 100083, China)

Abstract: It is to enhance the level of poultry production process management, avoid the poultry stress response by human disturbance, and realize real-time monitoring of poultry production environment, protect poultry welfare, and improve enterprise economic benefit. System adopts the model of browser/server (B/S), the record of poultry production process information and the real-time environment parameter data and weighing data, water and electricity consume data, audio, video data were collected, to effectively extract multi-type structure and non-structure data, setting extraction scheme and algorithm, which realizes effective visual expression of data, and builds the environment data, production consumption data, profit and loss curve statistical analysis reports that enterprise needed. It is convenient for enterprise users' intuitive understanding of the production situation. The system was applied in ShangZhuang experiment stations of China Agricultural University. The results show that it has a good application prospect in poultry production process management, etc..

Keywords: internet of things; poultry welfare; statistical analysis reports; early warning; profit and loss curve