

信息技术在畜禽养殖中的应用进展*

李奇峰, 王文婷, 余礼根, 高荣华, 肖伯祥, 马为红, 丁露雨

(北京农业信息技术研究中心 / 农业部农业信息技术重点实验室, 北京 100097)

摘要:【目的】现代集约化、规模化养殖业发展的本质在于以较少的资源投入, 按照动物生长发育的需要, 在可控环境条件下实现自动化、智能化和数字化的生产和管理, 不断发展的信息化技术极大的促进了当前畜禽养殖业发展。【方法】文章主要从畜禽环境监测控制技术、畜禽体征信息获取与行为监测技术、畜禽疫病防控决策与预警技术、畜禽智能繁育与精准饲养管理技术4个应用层面, 总结信息技术在畜禽养殖中的研究现状与应用进展。【结果】在环境监测控制方面, 分析了环境监测系统的内容, 列举了国内比较成熟的环境参数监控和控制系统; 在体征信息监测方面, 分别从机器视觉技术、声音处理技术、生物传感技术等角度, 总结了对健康信息、生命体征信息、情绪信息、行为信息等体征监测; 在疫病防控决策方面, 介绍了使用红外热图像处理、声音监测、专家诊断系统等进行动物疫病的监测、诊断、预测; 在畜禽繁育与精准饲养方面, 总结了畜禽繁育典型的信息化技术类型, 分析畜禽精准饲喂模式。【结论】我国畜禽养殖逐步向标准化、规模化与智能化转变, 信息化技术能有效提高畜禽生产效率、管理水平、经营决策能力和服务质量, 是支撑现代畜牧业可持续发展的关键。因此, 加强畜牧业“互联网+”信息化技术研究与应用至关重要。

关键词: 畜禽养殖; 环境监测; 精准饲喂; 疫病防控; 行为监测; 智能繁育

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20180202

0 引言

近年来, 以数字化为核心的信息技术不断深入到畜禽养殖各个环节, 促进了传统畜禽养殖、规模化养殖、工业化养殖到智能化养殖方式的转变, 畜禽品种资源的遗传育种与智能繁育、环境监测与智能调控、饲养管理与精准饲喂及疫病防控与智能预警^[1], 基本上实现畜禽养殖生产、管理、流通和调控的信息化, 全面提高畜禽养殖经济运行效率、劳动生产率和企业竞争力^[2]。因此, 以物联网、云计算和大数据为信息技术依托, 以信息资源共享、信息技术应用为主要特征, 通过软硬件技术的集成, 构建出智慧养殖的现代畜牧业发展模式, 是当前畜禽养殖智能化、装备化和信息化的迫切需求。

畜禽养殖中常用的信息化技术, 包括: ①生物传感技术。主要应用于环境参数监测如空气温度、湿度、光照强度、CO₂ 浓度、NH₃ 浓度; 另外还应用在对体温、心率等生

收稿日期: 2018-03-26

第一作者简介: 李奇峰 (1981—), 男, 汉族, 山西柳林人, 博士、副研究员。研究方向: 畜牧信息化。Email: lqfcau@163.com

* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (31402113); 农业农村部资源监测统计项目 (051821301112421018)。

物体征或行为的采集；②电子标签技术。通过无线射频（Radio Frequency Identification, RFID）信号实现非接触方式下的双向通信，完成对畜禽的自动识别和数据的读写操作，包括畜禽电子标签、PDA 手持终端和二维溯源码等；③智能识别算法。根据不同的监测识别数据，通过机器学习、人工神经网络、支持向量机、隐马尔科夫模型等进行数据计算，用于识别和判断复杂的动物行为模式；④数据存储技术。使用云计算、分布式存储技术解决了海量畜禽数据的存储与处理问题；⑤网络通讯技术。包括运营商 3G/4G 通讯技术、TCP/IP 协议等，应用的无线通信技术有 RFID、GPRS、Bluetooth、Wi-Fi、IrDA、UWB、Zig-Bee 和 NFC，为畜禽数据传输提供了基础网络与通讯条件。

现代信息化技术在畜禽养殖各个环节均有应用，该文将主要介绍信息技术在畜禽养殖环境监测控制、畜禽体征信息获取与行为监测、畜禽疫病防控决策与预警、畜禽智能繁育与精准饲养管理 4 个方面的应用现状及问题，并展望其未来发展的重点，为今后开展畜禽信息化、智能化提供参考。

1 畜禽养殖环境监测控制技术

适宜的养殖环境有利于畜禽的生长，有助于提高畜禽养殖产量和质量，同时能减少环境变化引起的畜禽感染疾病的发病率。对畜禽养殖环境的人工观察、人工控制等传统方法已经不能满足现代化大型养殖场的需要，由人工和电机结合的调节方式具有滞后性、生产效率低、占用人力资源多缺点^[3]。环境监测和控制的本质在于按季节和生长阶段的不同，确定最适宜的环境参数，如温度、湿度、光照强度、气体浓度等，采用环境控制物联网技术，实施环境的目标控制^[4]。

环境控制系统设计离不开这几个方面：信息采集、信息传输、信息处理、自动控制、网络发布，一个完整的控制系统的设计从这些方面部分出发，实现对环境监测和控制（图 1）。早期对养殖场环境的研究集中在设备的自动化和机械化，如暖风设备^[5]、通风系统^[6]。最近几年国内外学者将算法或模型引入环境检测和控制过程中，如粒子群优化算法^[7]、模糊控制^[8]、流体力学^[9]。随着云计算的大规模应用，利用 Hadoop、HBase 等算法解决了海量物联网数据的存储与处理问题^[10]。



图 1 环境控制系统一般流程

Fig.1 General diagram of environmental control system

谢秋菊^[11]将环境监测与控制的研究方向大致分成 4 类：①基于数学模型对环境因子分布及产生机理及规律的研究；②养殖场内环境与通风、气流的相关研究；③基于图像识别技术的环境监控研究；④基于无线传感器网络技术及智能环境控制技术的畜舍环境监测及控制研究。其中①和②所用的技术偏数学计算或数学建模，而图像识别技术和

2018年4月

无线传感技术属于信息技术层面的应用。在图像识别技术方面, Shao 等人^[12]通过对猪行为图像的识别对猪舍进行实时监控, 进而采取相应的控制措施; 汪建等^[13]基于图像信息融合技术, 进行养殖环境和监视区域的监测研究。在无线传感器网络技术及智能环境控制技术方面, Pan 等人^[14]利用神经网络技术与模糊控制技术, 实现对猪舍的气味的调节; Wu 等人^[15]基于 ARM 和 ZigBee 技术开发出远程鸡舍智能环境控制系统, 实现了鸡舍环境的远程监测; Li 等人^[16]采用无线传感器技术和计算机网络技术, 开发了基于无线传感器网络的鸡舍在线监测系统; Guo 等人^[17]开发了智能鹅舍环境监测系统, 利用 BP 神经网络构建了具有历史温度和相对湿度数据的智能控制模型, 用于协助鹅的季节外养殖实践。国内的环境检测和控制系统的研究比较广泛, 开发的系统类型多样, 如郝光健^[18]设计的室内环境监测控制系统、刘燕昌^[19]设计实时环境参数监控系统、高平^[20]设计的生猪远程监控系统、王媛^[21]设计的智能鸡舍监测系统、李华龙等人^[22]研制的基于物联网技术的蛋鸡养殖环境智能监控系统等。

环境是畜牧业生产的重要因素, 环境质量影响畜禽生产性能和健康, 进而影响动物的行为和福利, 最终影响着养殖场的经济效益和民众健康。在不同地区、不同养殖规模和管理模式的畜禽养殖条件下, 养殖环境精准控制, 对环境的自动控制提出了更高的要求, 需要领域专家、饲养管理专家与信息专家的协作。国内学者开发的环境监测与控制系统不在少数, 但是在实际操作中还是部分依赖于人工, 而且所占市场份额远不如国外的设备和其配套的软件系统。

2 畜禽体征信息获取与行为监测技术

畜禽体征信息获取与行为监测是指使用生物传感技术、电子个体标识技术、图像识别技术、音视频分析技术等采集畜禽生物信息和行为数据(健康信息、生命体征信息、情绪信息、动作信息等), 构建动物行为模型, 实现对动物不同生长阶段的行为特征解析、疾病诊断预警、生理生长过程调控。汪开英等人^[23]将生物信息获取和行为监测技术分成人工监测、有损监测技术和无损监测技术3类。随着畜禽规模化、集中化生产, 人工观察方式已经不能满足养殖的需要, 通过信息化技术进行监测是未来的发展趋势, 其中有损监测技术是将设备植入动物体内或对动物进行手术, 而无损监测技术不会对动物健康造成影响, 主要技术包括传感器监测、图像检测和声音监测等。

对于畜禽体征信息监测主要集中在动物体温、呼吸频率、声音、体重等。在体温检测方面, 体温检测技术经历了从人工水银体温计的测量、传感器测量、通过机器视觉技术对红外图像进行处理实现对体温检测的发展过程, 其中红外图像成为体温检测的热点, 如周丽萍等^[24]使用改进的 Otsu 算法从红外图像中提取猪的耳部区域特征, 实现对体温的监测; Siewert 等人^[25]使用差分 ROI 法分析生猪头部的热红外图像, 从而检测猪头部的表面温度分布。在体重检测方面, Yang 等人^[26]采集生猪的图像后使用图像处理的方法, 根据体积和投影面积大小来计算猪只的体重, 方法的平均误差均小于 5%, 而李卓等^[27]开发出的基于双目视觉原理的猪体尺监测系统, 相对误差能达到 1% 以下。

行为监测集中在动物的采食、饮水、活动、排泄、发情、声音等。通过传感器、图像视频、声音实现对采食和饮水行为的检测，如田富阳^[28]使用传感器与单片机结合来检测奶牛的采食量；周雅婷等人^[29]利用集陀螺加速度计和蓝牙模块为一体的传感器节点采集肉牛的行为姿态数据，使用 BP 神经网络算法对肉牛采食行为进行分类识别，准确率达 90% 以上。动物的叫声能有效地反映出其生理健康状态和情绪变化，因此对动物叫声的检测在疾病诊断、发情等行为检测、进食和成长率检测中有广泛的应用，如 Guarino 等^[30]对猪的咳嗽声音的识别实现呼吸疾病的检测；Jahns 等人^[31]研究单个牛的各种叫声建立隐马尔科夫模型识别叫声中蕴含的情绪信息。

畜禽体征信息和行为信息的监测对日常畜禽管理具有直接作用，其直接反馈畜禽养殖的生命需求，可根据其反馈信号进行生产过程、智慧调控。表 1 展示了监测部分动物生理特征和行为所采用的技术和装备的特点比较，信息技术在这方面的应用仍有发展上的局限性，第一，监测设备成本、抗干扰性、测量的准确性等方面制约着畜禽生理信息和行为的监测走向实际化的应用；第二，监测模型的准确性和实用性等方面需要进一步提高，尤其是如神经网络、机器视觉等相关算法，因其训练过程繁杂、数据量大、算法过程复杂等特点，目前在实际的养殖应用中受到较多的因素限制。

表 1 畜禽生理特征和行为监测技术的特点比较
Table 1 Comparison of livestock physiological characteristics and behavior technologies

对象	监测类型	技术	特点
猪	体温	热红外图像	成本低、识别正确率低，抗干扰性差
	体重估算、行为识别	监控视频	易获取、训练复杂、数据量大
	行为识别、呼吸、体温等	无线传感器	装置成本高、识别准确率高
奶牛	呼吸频率、行为等	视频监控	易获取、时间长、模型复杂
	运动情况	三轴加速度传感器	装置成本高、识别准确率高
	发情行为	计步器	成本低、监测时间短、正确率较低
蛋鸡	饮水行为	电子天平	成本高、不易操作、正确率高
	情绪识别、病理情况	声音采集器	成本低、抗干扰性低、应用效果差

3 畜禽疫病防控决策与预警技术

随着养殖规模化、集约化的发展，动物疾病防控不当不仅会造成养殖场巨大的经济损失，也会危害社会健康。因此，在整个生产周期需对畜禽个体进行全程监控，以确保畜禽健康成长，及时对患病的个体进行识别与处理以免形成传染性疾病。信息化技术已经渗入到了疾病监控各个方面，如疾病监测、诊断、预测、控制、扑灭等，使用的技术有数字视频技术、计算机技术、多媒体技术、网络技术、远程通讯技术、人工智能模拟等。

2018年4月

对畜禽个体疾病检测和诊断,及时发现养殖场中患有疾病的动物个体是畜禽养殖的重要工作。红外热成像技术在大型牲畜的疾病检测方面具有广泛的应用,其应用红外敏感元件对动物进行成像,反映动物体表的温度场,有效评估动物的疾病状态、发病部位、病理阶段等。红外热成像(Infrared Thermography, IRT)和红外测温(Infrared Thermal Mapper, IRTM)是非接触式温度测量,这类方法与兽医使用的其他温度测量方法相比大大降低了传播感染的风险^[32],如 Amezcua 等^[33]使用红外热成像对怀孕母猪体温的测量加上步态的识别,成功的检测出跛行的行为;Rainwater-Lovett 等^[34]实现了对牛的口蹄疫病毒感染的有效检测。另外,使用声音检测技术对疾病的诊断和预警也是疾病控制的重要方式,宣传忠等人^[35]提出一种改进 MFCC 并结合隐马尔科夫链模型的山羊咳嗽声识别系统;Chung 等人^[36]提取出猪叫声中的梅尔倒频谱系数,并使用支持向量机对其计算分析,识别正确率高达 94%。

为了使养殖户及时迅速地掌握畜禽发病类型、治疗方案和防治措施,远程诊断系统的开发和应用成为研究热点。远程诊断系统能够随时随地实现发病个体信息上传,专家了解情况后及时诊断出病源,并提出最优治疗方案,很好地解决由于猪病专家和兽医基层人员短缺,养殖场分散、偏远,猪病诊治技术推广手段落后等因素所造成的问题^[37]。早在 1995 年丹麦学者^[38]根据气候环境等开发出一个猪的流行性疫病模拟诊断系统;美国 Saehpazidis 等^[39]开发出一套基于 Jabber 协议的疾病远程诊断系统;2005 年汤承林^[40]建立了基于模糊神经网络的畜禽疾病诊断系统;邹庆鹏等^[41]推出的“河南省农业专家在线视频诊断系统”,将计算机、互联网、多媒体等技术结合在一起,是一个实现远程视频会议、3G 手机视频通话、远程视频监控等方式结合的农业远程诊断系统;李盼玉^[37]设计了猪病远程诊断系统,以智能手机为应用平台,实现了猪病智能诊断、猪病在线诊断、猪病知识库的建立和实时动态;雷萌桐等人^[42]设计了基于 B/S (Browser/Server) 模式的奶牛主要疫病诊断专家系统,实现奶牛主要疫病的在线诊断和查询,与专家进行在线实时交流。

虽然信息技术在疾病诊断与预警预防方面发挥了价值,但是目前开发的各种类型的畜禽疾病诊断系统在诊断疑似病症的准确率上与实际情况有出入。因此,挖掘畜禽疫病相关因子,采取数据分析技术对相关疫情参数进行分析、整合和判断,建立动物健康/疫病对应关系,构建生长环境、动物体温与表面体征最优组合疫病预警方法,提高畜禽疫病预警的实时性与准确性,如何在养殖场中得到广泛应用将是接下来亟待解决的难题。

4 畜禽智能繁育与精准饲养管理技术

4.1 畜禽智能繁育

计算机信息技术应用在畜禽育种中能促进畜禽业生产的发展和品种改良,提高畜禽的生产性能。计算机在畜禽育种中的应用既有宏观的仿真和模拟,又有微观的计算和分析,所用的技术有统计分析、专家系统和人工智能等^[43]。

最初计算机技术在畜禽育种中应用多为简单的统计分析,如平均数、方差、标准差等。随后,世界各国积极开展畜禽品种资源库和动物遗传资源库的研究,对大量遗传数据进行储存、分析,如张金成等人^[44]开发了一套 DPS 数据处理软件应用在动物育种工作过程。另外计算机遗传评估系统广泛应用于牛、羊、猪、马和禽等,进行统计分析、遗传参数计算、育种值估计、选种选配、系谱与近交分析、遗传进展估计及育种规划等方面^[45]。黄冬维等人^[46]应用最佳线性无偏预测(Best Linear Unbiased Prediction, BLUP)作为家畜遗传评定方法;龙继蓉^[47]介绍了 RAPD 技术在动物遗传育种中的应用,包括在构建遗传连锁图谱、基因定位、标记辅助选择、品种(系)的鉴定及其亲缘关系的分析。

畜禽繁育不仅仅只是遗传育种学理论、人工授精、胚胎工程等遗传理论和生物技术的应用,同步需要信息技术的支持,通过利用信息技术调查、评估、保存、管理畜禽遗传资源,寻找最优的育种方案。

4.2 精准饲养管理

根据畜禽品种、体重、生理阶段、身体状况、营养需求等的不同,使用不同的饲料类型和饲料数量,将这种饲养方式称为精准饲养。精准饲喂不仅大大提高了饲料的利用率,也有效提高了养殖场的经济效益。随着现代信息技术的发展,畜禽的精准饲养进入了新的发展阶段,尤其是泌乳奶牛,影响日营养需要的因素有环境温度、妊娠胎次、胎儿重量、牛乳构成等等,采用人工的方式调整配料比和饲料量不能达到饲养利用和营养摄入的最优化,而与计算机技术结合的方式实现了个体体况信息采集、饲料配比计算、自动化饲养等全过程的自动化、精准化、智能化。

随着自动化饲料配置系统、电子自动称量系统、微型计算机和电子识别系统等高新技术的应用,国内外的精准饲养的自动化水平大大提高^[48]。在饲料配比方面,张国华等人^[49]采用精准饲养技术来评估生长育肥猪的赖氨酸需要量;高振江等人^[50]提出了“全混合日粮(Total Mixed Ration, TMR)+精饲料精确饲喂”的模式。在自动饲养控制方面,悬挂式饲喂系统、自走式饲喂系统和在位饲喂系统等自动化饲喂设备的研究发展成熟^[51],熊本海等人在 2013 年以妊娠母猪为对象,设计了一种妊娠母猪自动饲喂机电控制系统^[52];随后在 2014 年以哺乳母猪为对象,设计了一种哺乳母猪自动饲喂控制智能系统^[53];该研究团队在 2017 年设计了一种新型哺乳母猪精准下料控制系统^[54];高振江等人^[55]以计算机为信息管理平台,运用无线通信技术、射频识别技术及单片机等,设计了根据奶牛个体生理特征信息进行精确投料的控制系统;蒙贺伟等人^[56]设计了双模自走式奶牛精确饲喂装备,显著提高奶牛产奶性能。

随着我国劳动力成本提升,国内很多规模化牛场对自动化的需求越来越迫切,饲喂环节已基本采用机械设备,但是饲喂的精准化不仅限于机械化,还包括自动化、智能化,信息技术的发展为此提供了技术支持。针对目前的精准饲喂情况,研发畜禽自动饲喂与精准饲养技术,根据畜禽生产阶段与个体差异实现精准投喂,快速准确调整日粮供应,实时获得饲料效率和营养水平等参数,减少饲料浪费和污染,运用计算机仿真与数学模型运算等方法,实现个体差异与群体水平生产性能信息的建立。

2018年4月

5 未来发展的重点与建议

从畜禽生产需求来看,亟需加快畜禽养殖规模化、生态化、特色化和产业化,提高畜禽养殖业综合生产能力、可持续发展能力和经营服务能力,为畜禽业信息化发展提供了前所未有的产业环境。从信息化发展趋势来看,信息社会开启了“互联网+畜牧业”发展的新时代,推进畜禽生产智能化、信息化、数字化和标准化,为畜牧业信息化发展创造前所未有的内在需求。面向畜禽养殖业健康可持续发展的重大需求,未来一段时间,信息技术在畜禽养殖中仍将是发展的重点,体现在以下3方面。

(1) 畜牧养殖标准化体系建设工程。采用统一的数据编码、数据标准,编制必要的接口程序,实现各类畜牧相关信息集中共享、按需交换,同步更新,消除孤岛。为畜禽养殖过程的互联互通搭建桥梁。

(2) 畜牧产业信息化融合服务工程。畜禽业产前、产中和产后全链条、各环节数据的采集、分析、挖掘、融合和服务,服务于生产、经营、管理和决策,实现畜禽养殖过程的数字化监测、管控和预警。

(3) 畜牧养殖智能装备工程。面向智能农业生产价值链,全面推进人工智能技术与畜禽养殖过程深度融合,建立共享牧场、智能猪舍、数字鸡舍等智慧养殖应用模式。为未来一段时间畜牧信息化的发展指明方向。

6 结论

我国畜牧业正向标准化、规模化与智能化的趋势发展,需要智能化设备、物联网作为技术支撑,更需要信息化技术的支持。该文主要从环境监测与控制、生物信息获取与行为监测、疫病防控决策与支持、畜禽繁育与精准饲养4个方面介绍了信息化技术在畜禽养殖中的研究现状、应用成果以及未来的发展方向。目前一些畜禽信息化的研究仍处于起步阶段,部分技术难题还需要克服,与实际养殖的结合还需要进一步探索。将信息化技术应用到畜禽养殖,实现畜禽生产、管理、服务和经营的数字化、信息化和智能化,推动传统畜牧业升级改造和结构调整,加速提高畜牧产业的竞争力,保证我国畜禽养殖业健康可持续性的发展。

参考文献

- [1] 邹剑敏,黄胜海.对我国畜牧业信息建设与应用的思考.农业网络信息,2007(1):4~9.
- [2] 李姝娟,王佐成,郭艳芹,等.计算机网络技术在畜牧业中的应用.中国畜禽种业,2014,10(5):39~40.
- [3] 朱伟兴,戴陈云,黄鹏.基于物联网的保育猪舍环境监控系统.农业工程学报,2012,28(11):177~182.
- [4] 熊本海,杨亮,郑姗姗.我国畜牧业信息化与智能装备技术应用研究进展.中国农业信息,2018,30(1):17~34.
- [5] Zhang Y, Barber E M. An evaluation of heating and ventilation control strategies for livestock buildings. Journal of Agricultural Engineering Research, 1995, 60(4): 217~225.
- [6] Berckmans D, Vandenbroeck P, Goedseels V. Sensor for continuous measurement of the ventilation rate in livestock

- buildings. *Indoor Air*, 1991, 1 (3): 323~336.
- [7] Coelho J P, Oliveira P B D M, Cunha J B. Greenhouse air temperature predictive control using the particle swarm optimisation algorithm. *Computers & Electronics in Agriculture*, 2005, 49 (3): 330~344.
- [8] 李立峰, 武佩, 麻硕士, 等. 基于组态软件和模糊控制的分娩母猪舍环境监控系统. *农业工程学报*, 2011, 27 (6): 231~236.
- [9] Rojano F, Bournet P E, Hassouna M, et al. Modelling heat and mass transfer of a broiler house using computational fluid dynamics. *Biosystems Engineering*, 2015, 136 (7): 25~38.
- [10] 段文杰, 胡月明, 陈联诚, 等. 基于云计算技术的家禽养殖管理系统研究与实现. *广东农业科学*, 2014, 41 (1): 165~168.
- [11] 谢秋菊. 基于模糊理论的猪舍环境适应性评价及调控模型研究. 东北农业大学, 2015.
- [12] Shao B, Xin H. A real-time computer vision assessment and control of thermal comfort for group-housed pigs. *Computers & Electronics in Agriculture*, 2008, 62 (1): 15~21.
- [13] 汪建, 刘建斌, 杜世平. 多传感器和图像信息融合的养殖监测系统. *农机化研究*, 2010, 32 (11): 118~121.
- [14] Pan L, Yang S X. Analysing livestock farm odour using an adaptive neuro-fuzzy approach. *Biosystems Engineering*, 2007, 97 (3): 387~393.
- [15] Wu S, Wu K, Liang J, et al. Design of remote environment control system of intelligent network henhouse based on ARM9. *Procedia Engineering*, 2011, 15: 1056~1060.
- [16] Li H, Wang H, Yin W, et al. Development of a remote monitoring system for henhouse environment based on IoT technology. *Future Internet*, 2015, 7 (3): 329~341.
- [17] Guo B, Sun A, Ding W, et al. Development and experiment of intelligent monitoring system for geese house environment. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33 (9): 180~186.
- [18] 郝光健. 基于 LabVIEW 和单片机的室内环境监测预警系统的设计. 山东农业大学, 2014.
- [19] 刘艳昌, 左现刚, 李武举, 等. 基于 FPGA 的鸡舍环境监控系统. *中国农机化学报*, 2016, 37 (4): 91~95.
- [20] 高平, 吴海云, 刘华, 等. 生猪远程监控系统的设计. *天津农学院学报*, 2016, 23 (4): 51~54.
- [21] 王媛. 基于 ZigBee 的鸡舍光照监测系统的研究. 河北农业大学, 2013.
- [22] 李华龙, 李森, 詹凯, 等. 基于物联网的层叠式鸡舍环境智能监控系统 (英文). *农业工程学报*, 2015, 31 (s2): 210~215.
- [23] 汪开英, 赵晓洋, 何勇. 畜禽行为及生理信息的无损监测技术研究进展. *农业工程学报*, 2017, 33 (20): 197~209.
- [24] 周丽萍, 陈志, 陈达, 等. 基于改进 Otsu 算法的生猪热红外图像耳根特征区域检测. *农业机械学报*, 2016, 47 (4): 228~232.
- [25] Siewert C, Kersten S, Brosig B, et al. Difference method for analyzing infrared images in pigs with elevated body temperatures. *Zeitschrift Für Medizinische Physik*, 2014, 24 (1): 6~15.
- [26] Yang Y, Teng G, Li B, et al. Measurement of pig weight based on computer vision. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22 (2): 127~131.
- [27] 李卓, 杜晓冬, 毛涛涛, 等. 基于深度图像的猪体尺检测系统. *农业机械学报*, 2016, 47 (3): 311~318.
- [28] 田富洋, 李法德, 李晋阳, 等. 奶牛采食量检测仪的设计与技术研究. *仪器仪表学报*, 2007, 28 (2): 293~297.
- [29] 周雅婷, 许童羽, 陈春玲, 等. 基于神经网络算法的肉牛采食行为检测方法. *沈阳农业大学学报*, 2016, 47 (6): 752~757.
- [30] Guarino M, Jans P, Costa A, et al. Field test of algorithm for automatic cough detection in pig houses. *Computers & Electronics in Agriculture*, 2008, 62 (1): 22~28.
- [31] Jahns G. Call recognition to identify cow conditions—a call-recogniser translating calls to text. *Computers and electronics in agriculture*, 2008, 62 (1): 54~58.
- [32] Soerensen D D, Pedersen L J. Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta veterinaria scandinavica*, 2015, 57 (1): 5.
- [33] Amezcua R, Walsh S, Luimes P H, et al. Infrared thermography to evaluate lameness in pregnant sows. *Canadian Veterinary Journal*, 2014, 55 (3): 268~272.
- [34] Rainwater-Lovett K, Pacheco J M, Packer C, et al. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *Veterinary Journal*, 2009, 180 (3): 317~324.
- [35] 宣传忠, 武佩, 张丽娜, 等. 羊咳嗽声的特征参数提取与识别方法. *农业机械学报*, 2016, 47 (3): 342~348.
- [36] Chung Y, Oh S, Lee J, et al. Automatic detection and recognition of pig wasting diseases using sound data in audio

2018年4月

- surveillance systems. *Sensors*, 2013, 13 (10): 12929~12942.
- [37] 李盼玉. 基于智能手机的猪病远程诊断系统的设计与实现. 安徽农业大学, 2015.
- [38] Shih T H, Liou W W, Shabbir A, et al. A new $k-\epsilon$ eddy viscosity model for high reynolds number turbulent flows. *Computers & Fluids*, 1995, 24 (3): 227~238.
- [39] Sachpazidis I, Ohl R, Kontaxakis G, et al. TeleHealth networks: Instant messaging and point-to-point communication over the internet. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research*, 2006, 569 (2): 631~634.
- [40] 汤承林. 基于模糊神经网络的畜禽疾病诊断系统的研究. 计算机技术与发展, 2005, 15 (9): 75~77.
- [41] 邹庆鹏, 杨学德, 任银玲, 等. 河南省农业专家在线视频诊断系统建设. 河南农业科学, 2011, 40 (12): 1~3.
- [42] 雷萌桐. 基于 B/S 的奶牛主要疫病诊断专家系统的建立. 西北农林科技大学, 2010.
- [43] 谢丽韞, 刘学洪. 计算机信息技术与畜禽育种. 云南畜牧兽医, 2005 (3): 16~18.
- [44] 张金成, 廖和荣, 张成先. DPS 数据处理软件在畜禽育种统计分析中的应用. 畜禽业, 2008 (2): 26~28.
- [45] 石云. 浅谈利用计算机和网络技术促进畜牧业发展. 科学大众 (科学教育), 2013 (9): 178.
- [46] 黄冬维, 张元跃, 谭伟明. BLUP 法在畜禽育种中的应用. 中国畜禽种业, 2008, 4 (8): 66~68.
- [47] 龙继蓉. RAPD 技术及其在动物遗传育种中的应用及前景. 四川畜牧兽医, 1999 (b05): 60~62.
- [48] 王海彬, 王洪斌, 肖建华. 奶牛精细养殖信息技术进展. 中国奶牛, 2009, 3: 15~16.
- [49] 张国华, Pomar C, 杨公社. 采用精准饲养技术评估生长育肥猪的赖氨酸需要量. 中国农业科学, 2011, 44 (18): 3840~3849.
- [50] 高振江, 李辉, 蒙贺伟. 基于全混合日粮饲喂技术的精饲料精确饲喂模式 // 中国奶业大会. 2013: 148~154.
- [51] 贾楠, 杜松怀, 李蔚, 等. 我国自动化奶牛饲喂技术及装备研究进展. 中国畜牧杂志, 2015, 51 (22): 51~55.
- [52] 杨亮, 熊本海, 曹沛, 等. 妊娠母猪自动饲喂机电控制系统设计与试验. 农业工程学报, 2013, 29 (21): 66~71.
- [53] 熊本海, 杨亮, 曹沛, 等. 哺乳母猪自动饲喂机电控制系统的优化设计及试验. 农业工程学报, 2014, 30 (20): 28~33.
- [54] 熊本海, 杨亮, 郑姗姗, 等. 哺乳母猪精准饲喂下料控制系统的设计与试验. 农业工程学报, 2017, 33 (20): 177~182.
- [55] 高振江, 郭跃虎, 蒙贺伟, 等. 自走式奶牛精确饲喂机电控制系统. 农业机械学报, 2012, 43 (11): 226~230.
- [56] 蒙贺伟, 郭跃虎, 高振江, 等. 双模自走式奶牛精确饲喂装备设计与试验. 农业机械学报, 2013, 44 (2): 52~56.

Research review of information technologies for livestock

Li Qifeng, Wang Wenting, Yu Ligen, Gao Ronghua,

Xiao Boxiang, Ma Weihong, Ding Luyu

(Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture/Key Laboratory of Agri-informatics,
Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract [Purpose] The purpose of modern intensive and large-scale livestock farming is to implement automatic, intelligent, and digital production and management under controlled environmental conditions according to the needs of animal growth. The information technology has the potential to fulfill the development of livestock industry. **[Methods]** This review will give a summary of the information technologies used for livestock from four applications: environmental monitoring and intelligent control, livestock body information acquisition and behavior monitoring, epidemic prevention and real-time warning, intelligent breeding and precision feeding management. And the research status and application progress of information

[下转第 41 页]

2018年4月

especially in comparability of pixel level, time and space scales, cloud effect and retrieval precision. Therefore, further research is still needed. Great progress has been made in remote sensing agricultural drought monitoring, a variety of characterization index monitoring methods were proposed, but due to many inherent problems of thermal infrared remote sensing, still face many challenges in agricultural drought monitoring by remote sensing, especially the agricultural drought monitoring model research from the angle of the thermal infrared remote sensing research frontier problems. [**Conclusion**] In the context of earth observation big data era, for the thermal infrared remote sensing and its application in agricultural drought monitoring is need further in-depth study of the frontier academic problems, such as high-accuracy quantitative retrieval of all-weather land surface temperature, farmland evapotranspiration estimation in high accuracy, the transform of different space-time scales, multi-scale drought monitoring and model building of monitoring mechanism, etc. At the same time these problems are also an important breakthrough direction for agricultural drought monitoring. The development of thermal infrared remote sensing theory and method will strongly promote the improvement of agricultural drought monitoring accuracy in China and support the development of modern precision in agriculture.

Key words: thermal infrared remote sensing; agricultural drought monitoring; remote sensing of agricultural disasters; land surface temperature remote sensing retrieval

[上接第 23 页]

technology on livestock was given in this paper. [**Results**] In the aspect of environmental monitoring and intelligent control, the contents of the environmental monitoring system were analyzed, and a relatively environmental monitoring and control system was listed. In terms of the monitoring of physical parameters, machine vision technology, sound processing technology, and bio-sensing technology were respectively considered. The health information, vital signs, emotional information and behavior information were summarized and analyzed. In terms of epidemic prevention and real-time warning, the use of infrared thermal image processing, sound monitoring, and expert diagnostic systems were introduced in order to monitor, diagnose and forecast of livestock diseases; Lastly, with terms of intelligent breeding and precision feeding management, the typical information technologies of livestock were summed up, and the precise feeding mode of livestock were analyzed. [**Conclusions**] China's livestock and poultry breeding has gradually changed to standardization, scale and intelligence. While the information technology can effectively improve livestock production efficiency, management level, business decision-making ability and service quality. Which is the key to the sustainable development of modern livestock industry. Therefore, it is important to strengthen the research and application of animal husbandry based on "Internet+" information technology.

Key words: livestock farming; environmental monitoring; precision feeding; epidemic prevention; behavior monitoring; intelligent breeding