

畜禽养殖个体信息监测技术研究进展*

沈明霞¹ 刘龙申¹ 闫丽¹ 陆明洲¹ 姚文² 杨晓静³

(1. 南京农业大学江苏省现代设施农业技术与装备工程实验室, 南京 210031; 2. 南京农业大学动物科技学院, 南京 210095; 3. 南京农业大学农业部动物生理生化重点开放实验室, 南京 210095)

摘要: 畜禽养殖个体信息主要包括发情信息、分娩信息、行为信息、体重信息和健康信息。自动化、集约化养殖是养殖业的发展趋势,准确高效地监测动物个体信息有利于分析动物的生理、健康和福利状况,是实现自动化健康养殖和肉品溯源的基础。目前生产中主要依靠人工观测的方式监测动物个体信息,耗时费力且主观性强。本文阐述了畜禽养殖中发情监测、分娩监测、行为监测、体重监测和健康监测等技术的应用研究现状,展望了畜禽养殖个体监测技术后续研究方向。

关键词: 畜禽养殖 个体监测 动物福利 健康养殖

中图分类号: S126; S815 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)10-0245-07

引言

随着规模化、集约化养殖业的发展和人力资源的短缺,自动化养殖将成为畜禽业的发展趋势,准确高效地监测动物个体信息有利于分析动物的生理、健康和福利状况,是实现福利养殖和肉品溯源的基础。目前生产中主要依靠人工观测的方式监测动物个体信息,耗费大量的时间和精力,且主观性强^[1]。

随着信息技术的发展,国外学者对畜禽养殖动物个体信息监测方法和技术进行了大量研究,利用采集的动物个体信息,分析动物的生理、健康、福利等状况,为畜禽养殖生产提供指导,而国内在这一领域的研究仍处于起步阶段。本文归纳分析畜禽养殖中发情监测、分娩监测、行为监测、体重监测和健康监测等技术的应用研究现状,展望畜禽养殖个体监测技术后续研究方向。

1 发情监测

1.1 奶牛发情监测

准确高效地检测奶牛发情,能够提高怀孕机率、缩短胎间距、提高单头奶牛的产奶量^[2]。目前生产实践中奶牛发情检测主要依靠人工检测,如人工观察法、阴道检查法和直肠检查法,这种方法需要投入大量的人力资源,技术要求高,检出率低。国内外学者展开了利用电子设备进行奶牛发情监测的研究,如视频监控、计步器、加速度传感器等。Watanabe

等^[3]通过加速度传感器分析奶牛在单位时间内是否有一条腿高于其他腿而判断奶牛是否处于发情期。Løvendahl 等^[4]将奶牛的运动简单划分为强运动和弱运动 2 类,通过累计 2 类运动在一天中的比例来判断是否发情。Jónsson 等^[5]提出基于广义似然比值检验结合最佳时间窗口选择的方法按奶牛躺、站立和走动的比例来分类,以此判断奶牛是否发情。尹令等^[6]用三轴加速度传感器构建奶牛行为分类模型以预测其是否发情,利用结构相似子序列快速聚类算法提高奶牛发情检测的准确率^[7]。田富洋^[8]等采用振动传感器、姿态传感器和温度传感器实时检测奶牛的活动量、静卧时间和体温等参数,建立了基于神经网络的奶牛发情行为辨识和预测模型。利用奶牛运动特征进行发情监测研究较多,但由于采集数据量大,奶牛活动范围广,采集设备电池续航能力有限,如何能实时、远程、低功耗地监测奶牛发情是后续研究的重点。

1.2 母猪发情监测

母猪发情检测是种猪生产中非常重要的环节,及时准确地检测母猪发情,能够提高配种成功率,提高母猪的生产效率。目前生产中主要采用人工压背法进行母猪发情检测,工作量大,效率低。Altmann^[9]采用小型的加速度计和红外传感器检测母猪活动量,发现母猪发情期的 1~3 d 内的活动量是平时的两倍。针对群养母猪,Bressers^[10]在母猪脖子上佩戴加速度计检测活动量,通过设定活动量

收稿日期: 2014-03-27 修回日期: 2014-05-27
* 公益性行业(农业)科研专项资助项目(201003011)
作者简介: 沈明霞,教授,博士生导师,主要从事机器视觉和信息农业研究, E-mail: mingxia@njau.edu.cn

阈值的方法检测发情,减少了 10% ~ 15% 的人工检查。针对限位栏母猪,Geers^[11]等试验发现母猪发情前一天的活动量是平常的 10 倍。Cornou^[12]利用电子饲喂系统采集母猪饮食量和活动行为检测母猪发情和跛腿等情况,对母猪发情的检测正确率达 75%。Freson^[13]在母猪颈部上方 50 cm 处安装红外传感器,进行母猪日常行为分类,正确率达到 86%,检测发情的正确率为 79%,检测不发情正确率为 68%;Beach^[14]通过自动监测母猪探视公猪栏的感知行为监测发情,感知行为包括:寻找公猪的趋势、靠近公猪的距离和交配前的反应。Ostersen 等^[15]利用 RFID 技术监测母猪与公猪的亲近行为,实现母猪发情的自动检测。孙刚^[16]采用微处理器控制的红外监测系统自动识别母猪的发情,系统识别母猪正常发情的准确率达到 80% 以上。胡天剑^[17]等发明一种母猪发情的智能检测标记装置和黄瑞森^[18]等发明一种母猪发情监测装置,都是通过监测待测母猪与公猪接触的频率和次数,判定母猪是否发情,并对发情的待测母猪做喷墨标记或者通过耳标进行区分。吉斯^[19]等发明了一种精准化母猪发情检测器,通过安装在检测栏上的探测器和温度探测器进行数据采集,利用单片机收集数据并传到计算机进行分析,判断母猪是否发情。综合分析母猪体温、活动、与公猪亲近行为等信息,提高发情检测的准确率是后续研究的重点。

2 分娩监测

在实际生产中,目前对母猪分娩时间的预测主要依靠饲养员对预产期前后母猪的连续观察,主要观察母猪分娩前的行为体征变化,包括腹部下垂、乳大汁多、阴户潮红肿大、尿频粪干、衔草筑窝、躁动不安、食欲减退、羊水破包等特征^[20-24]。人力负担繁重,工作效率低,容易出现因疏忽而造成仔猪死亡,人畜共患病的传播机率增大。

2.1 母猪分娩时间预测

国外已经开展了通过监测母猪筑窝行为和体温变化来自动判断母猪分娩时间的研究。Cornou 和 Lundbye-Christensen^[25-26]提出了采用加速度传感器和蓝牙技术对群养模式下每头母猪的行为进行分类,但蓝牙模块功耗大,传输距离小,采用四节 5 号干电池供电,体积大,不适合安装在猪身上。Oliviero^[27]等利用地毯式的压力传感器监测母猪的走动行为,同时在产床 0.6 m 高处安装光电传感器监测母猪的站立或躺卧行为,综合判断母猪分娩时间。Cornou^[28]等利用布带把三轴加速度传感器和蓝牙无线模块固定在母猪颈部,进行运动信息采集

并无线传输到 PC,采用多进程卡尔曼滤波方法对母猪行为进行分类,判断母猪分娩时间。国内对母猪分娩时间预测研究较少,刘龙申^[29]等利用三轴加速度传感器和无线传感网技术监测母猪筑窝行为,预测母猪分娩时间。由于母猪分娩前体征和行为变化个体差异较大,且不同胎次和环境也存在差异,因此还需要探索更多行为体征监测方法,提高分娩时间预测的精度。

2.2 母猪分娩检测

母猪分娩是养猪生产过程中的关键环节之一,准确、实时地检测母猪分娩对实现母猪自动化养殖具有重要意义。Labrecque^[30]等提出采用热红外传感器监测分娩限位栏的仔猪活动区,一旦检测到仔猪出现在活动区就通过寻呼机通知饲养员,但是仔猪刚生下时不一定很快到达活动区,导致该系统检测的实时性不高。陈广林^[31-32]等发明了一种母猪分娩报警装置,该装置包括检测器和主机两部分,检测器能够放置在临产母猪的产道内,在母猪分娩开始时被顶出产道,并无线发送检测信号,主机接收到检测器发出的信号进行报警,并通过短信或电话的形式通知用户,该方法需要人工将检测器放入产道内,容易造成母猪难产和生殖器感染,且工作量大。刘龙申^[33]等提出了基于机器视觉的母猪分娩检测方法,利用视频图像处理技术实时检测母猪产床内仔猪目标,一旦发现仔猪就通过短信通知饲养员。该方法能够无损检测母猪是否分娩,但分析母猪是否难产、排除外界光线干扰,还需要进一步研究。

3 行为监测

3.1 母猪母性行为监测

母性行为是一种本能行为,主要表现为筑窝、哺乳、抚育及分娩前后的一系列对幼崽的关爱和保护行为。母性行为对子代的成活率和生长有显著影响,是培育品种所关注的重要指标之一。目前国内外研究主要从激素、基因、品种、环境等几个方面观察动物筑窝、育仔、护仔等母性行为^[34]。动物母性行为的监测方法主要是人工观察或视频录像,目前对母性行为的自动监测技术研究较少。Cornou^[26,28]、刘龙申^[29]等研究了母猪分娩前筑窝行为自动监测技术,但该研究是用于预测母猪分娩时间,未分析母猪母性行为。Rohde 等^[35]研究认为,母仔之间联系主要运用声音信号。Rogerio 等^[36]观察到仔猪发出惊慌的叫声,母猪就会发出担心的声音信号。仔猪发出饥饿的叫声时,母猪也会发出一种声音,称为“呼叫看护声”,直到最后一头仔猪到

达乳头,母猪才停止这种叫声,之后它转换成“放乳声”,只有发出这种声音的时候母猪才能释放乳汁。Lewis 等^[37]的试验结果表明,母猪的哼叫声音可吸引小于 14 日龄的仔猪接近母猪,寻找乳房,争夺乳头或吮乳,播放母猪哼叫录音可减轻仔猪的断奶应激,有助于仔猪吮乳和增重。利用运动监测技术和音视频处理技术能够监测动物的筑窝行为和叫声等信息,但存在环境变化和人为干扰等因素,且数据量大,从海量数据中挖掘出相关信息分析动物母性行为是后续研究的重点。

3.2 蛋鸡行为监测

动物行为是评价动物福利的重要指标之一,国内外学者一般采用音视频技术自动识别鸡的行为和叫声特征。Leroy 等^[38]通过图像处理技术对蛋鸡轮廓的椭圆拟合点分布建立模型,自动识别单只蛋鸡的站、走和抓挠的行为。劳凤丹等^[39]提出利用计算机视觉技术对单幅蛋鸡图像进行行为识别的方法,可自动识别单只蛋鸡的运动、饮水、采食、修饰、抖动、休息、拍翅膀、探索、举翅膀的行为,并可长时间追踪蛋鸡的活动情况及运动轨迹。为了分析规模养殖中单只鸡的行为,劳凤丹等^[40]研究了复杂环境中蛋鸡识别及粘连分离方法。

鸡的叫声是反映鸡的健康和福利状况的重要指标。Esther 等^[41]研究了不同品种蛋鸡在同一养殖模式下的应激行为,分析了蛋鸡对外界异物刺激的发声行为是以尖叫声为主的变化规律。李志忠等^[42-43]发现了不同日龄阶段蛋鸡的发声声学特征存在显著差异,并提出了基于梅尔频标倒谱系数和线性预测倒谱系数的蛋鸡发声识别方法。余礼根等^[44]研究了蛋鸡产蛋行为发声与鸣唱声的差异,并构建了蛋鸡发声音频数据库。养鸡生产中的风机噪声影响蛋鸡声音识别,曹晏飞等^[45]研究比较了几种常用的音频信号去噪方法,相对而言史坦无偏似然估计为阈值的小波去噪方法效果较好。余礼根等^[46]研究了栖架养殖模式下蛋鸡产蛋叫声和愉悦叫声的分类识别方法。目前国内外对蛋鸡行为监测研究主要是针对行为特征提取和监测方法,对蛋鸡行为实时监测的装备研究较少。

4 体重测量

动物体重是畜禽养殖所关注的主要生长指标之一,是反映动物生长发育、生产性能的综合性指标。体重测量主要有实测法和估测法。传统的动物体重测量方法主要是采用体重箱、电子秤或地磅等仪器直接称量,耗时费力,且使动物产生应激大。相关研究表明,动物体重与体尺之间存在相关性,可通过建

立数学模型,利用动物体尺数据估测体重。

国外对牛体重估测常用的方法有约翰逊法^[47]、普列斯来法、玛采维奇法、二元回归估重法^[48]、佛罗文法等。国内相关研究起步较晚,付雪峰等^[49]研究了舍饲新疆褐牛犊牛体重与体高、体斜长、胸围、管围等体尺指标的相关性,并建立了估测牛体重的回归模型。贺建宁等^[50]根据牛的体长、体高、胸围、腹围、管围等体尺指数,应用逐步回归法,对中国西门塔尔牛体重进行估测。周振勇等^[51]研究了基于主成分逐步回归法的新疆褐牛体重预测模型,减少了自变量间多重共线性问题。王雨峰等^[52]用最小二乘法原理估测黄牛体重。以上方法能够准确地估测动物体重,但需要人工获取体尺数据,工作量大,效率低。

随着数字图像处理技术的发展,国内外学者利用动物的二维或三维图像计算出动物体尺数据,根据建立的数学模型估测动物体重。滕光辉等^[53-54]通过数字图像分析技术,测量和计算种猪的投影面积,并分析其与体重的相关系数为 0.94,猪体重测量结果与人工测量对比,相对误差小于 2.8%。刘同海等^[55]基于 RBF 神经网络方法构建了种猪体重预测模型,消除了线性回归分析中自变量的共线性问题,提高了体重估测的准确性,研究了基于点云数据的猪体三维重建与应用技术^[56]。郭浩等^[57]研究了基于三维重建的动物体尺获取原型系统。陆明洲等^[58]利用 WMSN 图像节点和压力传感器进行仔猪窝均重在线监测,并通过无线传感器网络与上位机通信。利用机器视觉技术进行动物体重估测能够节省大量人力物力,但由于环境干扰,且动物的姿态多变,导致获取动物体尺数据存在误差,在复杂环境中准确获取动物体尺数据是后续研究需要重点解决的问题。

5 健康监测

动物健康直接关系到经济效益、动物福利和食品安全。动物健康可分为生理健康和情绪健康^[59],生理健康是针对动物疾病状况,而情绪健康是关注动物的福利状况,本文主要阐述动物生理健康的监测技术研究现状。

5.1 体温监测

目前国外对动物生理参数的测量以美国 DSI 公司生产的动物生理参数无线遥测系统为代表,可以对动物的多项生理指标进行测量并通过无线方式进行传输,可以实现猪体温度的测量。但是该系统主要是针对动物实验用,测量的很多生理参数不是养殖生猪中的关键因素,而且价格昂贵,不适合推广。

Danica Krizanac 等^[60]把带有 3 个探头的测温气管插进猪的呼吸道内测量体温,测量温度快速准确,与肺气管的温度相比几乎没有区别,适合在紧急情况下使用,但是这种方法需要先把猪麻醉,不适合实际养殖生产中使用。Andersen 等^[61]研究了猪耳温度与行为的关系,利用耳标式温度传感器(QSS2000)测量耳温,利用网络摄像头(Panasonic BB330)记录猪的行为,研究表明,猪耳温度昼夜变化规律为晚上最高,下午最低,休息时耳温比活动时高。Marloes Hentzen 等^[62]针对动物实验室设计了一种胶囊状无线温度传感器,并植入小猪体内,在附近安装无线接收器进行信息采集,这种方法需对小猪手术,操作比较复杂,不利于猪的福利,不适合实际生产使用。

5.2 饮食监测

饮食情况能够直接反映动物健康状况。皇家兽医与农业大学 Madsen 等^[63]通过监测生长猪每小时的饮水量,基于状态空间模型对生长猪的饮水模式进行建模,用于监测猪的饮水是否正常,预测猪疾病的爆发、饲料质量和通风设备问题等异常情况。陆明洲等^[64]利用 RFID 射频识别技术和水流量传感器设计了一套群养方式下母猪饮水行为的自动监测系统,测得个体的饮水频率和饮水量。田富洋等^[65]将高频反射涡流传感器放置在奶牛颞窝部位计算奶牛的吞咽次数,从而判定奶牛的采食量。钟芳葵^[66]针对传统养殖业人工观察费时费力、准确率不高的缺点,利用 RFID、GPRS 和嵌入式技术对规模养猪场群养猪中的每头猪的采食次数、采食量、生长量等数据进行采集和分析,提出了一种基于 RFID 和 ARM 嵌入式技术的生猪日常行为自动监测的新方法。

5.3 疾病监测

动物疾病监测技术研究较多的是对呼吸道疾病、腹泻等疾病监测。Ferrari 等^[67-69]通过临床发现染病猪咳嗽持续时间及咳嗽频率高于健康猪,利用音频分析技术能够及时识别呼吸道感染病猪。朱伟兴等^[70]利用安装于猪舍排泄区的嵌入式监控设备对群养猪的排泄行为进行 24 h 监控,通过一种改进的运动目标检测算法和基于像素块对称特征的图像识别算法定位具有异常行为的疑似病猪,病猪检测正确率为 78.38%。浦雪峰等^[71]采用图像处理的方法识别猪身上的数字,通过对群养猪的排泄行为进行 24 h 监控,将每天排泄次数异常的猪认为是疑似病猪。

由于饲养方式、动物品种、养殖环境不同,动物行为体征在不同时期也存在差异,在综合考虑其他

因素的基础上监测动物疾病情况还需要进一步研究。

6 结论与展望

从近年来国内外研究现状来看,畜禽养殖动物个体信息监测研究大多围绕自动化福利养殖展开,通过研究提高了动物个体信息监测的自动化程度和精度,大幅降低了信息监测消耗的人力,但还存在一些需要进一步探讨和研究的问题,主要包括以下几个方面:

(1) 动物行为监测智能装备研发

准确高效地采集动物个体信息是分析动物生理、健康和福利状况的基础。目前 RFID 技术在畜禽业中得到广泛应用,对于动物的体重、发情行为、饮食行为等信息监测已有大量研究成果,但对于动物母性行为、饮水、分娩、疾病等信息监测系统研究与实现鲜见报道。动物行为监测传感器大多需要放置于动物身上或体内,这对监测设备的体积、能耗、防水和无线传输等方面都有较高的要求,后续研究需要针对复杂环境下不同行为研发相应的行为监测智能化设备。

(2) 动物行为模型构建与健康分析

动物行为模型构建是指在动物叫声音频信息、活动视频信息、传感器采集的运动等信息与动物行为分类间建立映射关系,通过音视频和其他传感技术对动物行为进行分类。分析实时采集的动物个体信息,研究动物不同生长阶段的行为规律,与动物行为模型进行对比,超过一定阈值时进行预警。

(3) 动物福利养殖信息管理系统

动物个体信息与环境、饲养方式、品种以及动物个体与个体之间都有影响,从规模化养殖中采集到的大量动物个体信息数据,如何综合分析,从海量数据中挖掘出有用信息,并建立动物福利养殖信息管理系统还需要进一步研究。

总之,欧美发达国家对畜禽养殖动物个体信息监测技术的研究起步较早,不仅已有大量动物个体信息智能监测的研究成果,并且部分研究成果已经应用于实际生产。中国对畜禽养殖动物个体信息监测技术研究还处于探索阶段,几乎没有这方面实际生产应用的案例。中国学者应结合中国畜禽养殖的实际情况,综合利用交叉学科知识,研究稳定、高效、低成本、低功耗的畜禽养殖动物个体信息监测系统,以期大幅提高畜禽养殖效益及动物福利水平。

参 考 文 献

- 1 Cornou C. Automated monitoring methods for group housed SOWS[D]. Copenhagen: University of Copenhagen, 2007.
- 2 Firk R, Stamer E, Junge W, et al. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review[J]. *Livestock Production Science*, 2002, 75(3): 219 – 232.
- 3 Watanabe T, Sakurai A, Kitazaki K. Dairy cattle monitoring using wireless acceleration-sensor networks[C]//*Proceedings of IEEE Sensors*, 2008; 526 – 529.
- 4 Løvendahl P, Chagunda M G G. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2008, 93(1): 249 – 259.
- 5 Jónsson R, Blanke M, Poulsen N K. Oestrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2011, 76(1): 6 – 15.
- 6 尹令, 刘财兴, 洪添胜, 等. 基于无线传感器网络的奶牛行为特征监测系统[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(3): 203 – 207.
Yin Ling, Liu Caixing, Hong Tiansheng, et al. Design of system for monitoring dairy cattles behavioral features based on wireless sensor networks[J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(3): 203 – 207. (in Chinese)
- 7 尹令, 洪添胜, 刘汉兴, 等. 结构相似子序列快速聚类算法及其在奶牛发情检测中的应用[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(15): 107 – 112.
Yin Ling, Hong Tiansheng, Liu Hanxing, et al. Subsequence clustering algorithm based on structural similarity and its application in cow estrus detection[J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(15): 107 – 112. (in Chinese)
- 8 田富洋, 王冉冉, 刘莫尘, 等. 基于神经网络的奶牛发情行为辨识与预测研究[J]. *农业机械学报*, 2013, 44(增刊 1): 277 – 281.
Tian Fuyang, Wang Ranran, Liu Mochen, et al. Oestrus detection and prediction in dairy cows based on neural networks[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2013, 44(Supp. 1): 277 – 281. (in Chinese)
- 9 Altmann M. Interrelations of the sex cycle and the behavior of the sow[J]. *Journal of Comparative Psychology A*, 1941, 31: 481 – 498.
- 10 Bressers H P M. Monitoring individual sows in group-housing: possibilities for automation[M]. Zeist: Rappoort Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek Schoonoord, 1993.
- 11 Geers R, Janssens S, Spoorenberg S, et al. Automated oestrus detection of sows with sensors for body temperature and physical activity[C]//*Proceedings of ARBIP95*, 1995.
- 12 Cornou C, Vinther J, Kristensen R A. Automatic detection of oestrus and health disorders using data from electronic sow feeders[J]. *Livestock Science*, 2008, 118(3): 262 – 271.
- 13 Freson L, Godrie S, Bos N, et al. Validation of an infra-red sensor for oestrus detection of individually housed sows [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 1998, 20(1): 21 – 29.
- 14 Beach F A. Sexual attractivity, proceptivity, and receptivity in female mammals [J]. *Hormones and Behavior*, 1976, 7(1): 105 – 138.
- 15 Ostensen T, Cornou C, Kristensen A R. Detecting oestrus by monitoring sows' visits to a boar[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 74(1): 51 – 58.
- 16 孙刚, 王立人, 苗香雯, 等. 基于微处理器的红外监测系统识别母猪发情[J]. *农业工程学报*, 2001, 17(3): 149 – 152.
- 17 胡天剑, 李炳龙. 母猪发情的智能检测标记装置: 中国, CN202232519U[P]. 2012 – 05 – 30.
- 18 黄瑞森, 钟伟朝, 钟日开, 等. 一种母猪发情监测装置: 中国, CN201504483U[P]. 2010 – 06 – 16.
- 19 吉斯, 陈洪深, 曹庆. 精准化母猪发情检测器: 中国, CN201754708U[P]. 2011 – 03 – 09.
- 20 由吉昌. 怎样预测母猪的分娩时间[J]. *畜牧与兽医*, 1959(4): 175.
- 21 姜时保. 挤排乳法对母猪分娩时间的判断[J]. *湖南畜牧兽医*, 2002(6): 28.
- 22 曹玉佩. 母猪分娩有征兆[J]. *农家参谋*, 2010(11): 18.
- 23 曹之钧. 母猪分娩预兆[J]. *湖南农业*, 1998(9): 13.
- 24 邹秉钧. 母猪预产期的推算和临产征状[J]. *农业科技通讯*, 1977(2): 46.
- 25 Cornou C, Lundbye-Christensen S. Classifying sows' activity types from acceleration patterns; an application of the multi-process Kalman filter [J]. *Applied Animal Behaviour Science*, 2008, 111(3): 262 – 273.
- 26 Cornou C, Lundbye-Christensen S. Classification of sows' activity types from acceleration patterns using univariate and multivariate models [J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 72(2): 53 – 60.
- 27 Oliviero C, Pastell M, Heinonen M, et al. Using movement sensors to detect the onset of farrowing[J]. *Biosystems Engineering*, 2008, 100(2): 281 – 285.
- 28 Cornou C, Lundbye-Christensen S. Modelling and monitoring sows' activity types in farrowing house using acceleration data[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2011, 76(2): 316 – 324.
- 29 刘龙申, 沈明霞, 姚文, 等. 基于加速度传感器的母猪产前行为特征采集与分析[J]. *农业机械学报*, 2013, 44(3): 192 – 196.
Liu Longshen, Shen Mingxia, Yao Wen, et al. Acquisition and analysis sows' behavior types before farrowing based on acceleration sensor[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2013, 44(3): 192 – 196. (in Chinese)
- 30 Labrecque S, Labrecque R, Labrecque G. Birth monitoring system for piglets: US, 2008/0266115 A1[P]. 2008 – 10 – 30.
- 31 陈广林, 汪志强, 薛江庭. 母猪分娩报警装置: 中国, CN202069608U[P]. 2011 – 12 – 14.
- 32 陈广林, 汪志强, 薛江庭. 报警器(母猪分娩): 中国, CN301714128S[P]. 2011 – 11 – 02.
- 33 刘龙申, 沈明霞, 柏广宇, 等. 基于机器视觉的母猪分娩检测方法研究[J]. *农业机械学报*, 2014, 45(3): 237 – 242.
Liu Longshen, Shen Mingxia, Bo Guangyu, et al. Research on sows parturition detection method based on machine vision[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2014, 45(3): 237 – 242. (in Chinese)

- 34 郑爱燕,杨欢利,丁家桐. 猪母性行为的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医,2008(5):27-28.
- 35 Rohde P K A, Gonyou H W. Attraction of newborn pigs to auditory, visual, olfactory and tactile stimuli[J]. Animal Science, 1991, 66:2165-2173.
- 36 Rogerio G T, Da Cunha. As good as it sounds-understanding piggish[J]. Pig Progress, 2006, 22(8):13-15.
- 37 Lewis N J, Hurnik J F. An approach response of piglets to the sow's nursing vocalizations[J]. Animal Science, 1986, 66:537-539.
- 38 Leroy T, Vranken E, Van Brecht A, et al. A computer vision method for on-line behavioral quantification of individually caged poultry[J]. Transactions of the ASABE, 2006, 49(3):795-802.
- 39 劳凤丹,滕光辉,李军,等. 机器视觉识别单只蛋鸡行为的方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(24):157-163.
Lao Fengdan, Teng Guanghui, Li Jun, et al. Behavior recognition method for individual laying hen based on computer vision[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(24):157-163. (in Chinese)
- 40 劳凤丹,滕光辉,李卓,等. 复杂环境中蛋鸡识别及粘连分离方法研究[J]. 农业机械学报, 2013, 44(4):213-216.
Lao Fengdan, Teng Guanghui, Li Zhuo, et al. Recognition and conglutination separation individual hens based on machine vision in complex environment[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(4):213-216. (in Chinese)
- 41 Esther Z, Helen H. A note on fear reaction of three different genetic strains of laying hens to a simulated hawk attack in the hen run of a free-range system[J]. Applied Animal Behaviour Science, 2008, 113(1-3):69-73.
- 42 李志忠,滕光辉. 子带特征参数在家禽应激发声识别中的应用[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3):183-186.
Li Zhizhong, Teng Guanghui. Application of sub-band feature of poultry vocalization for identifying their status[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3):183-186. (in Chinese)
- 43 李志忠,滕光辉. 基于改进 MFCC 的家禽发声特征提取方法[J]. 农业工程学报, 2008, 24(11):202-206.
Li Zhizhong, Teng Guanghui. Feature extraction for poultry vocalization based on improved MFCC[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(11):202-206. (in Chinese)
- 44 余礼根,滕光辉,李保明,等. 蛋鸡发声音频数据库的构建与应用[J]. 农业工程学报, 2012, 28(24):150-156.
Yu Ligen, Teng Guanghui, Li Baoming, et al. Development and application of audio database for laying hens[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(24):150-156. (in Chinese)
- 45 曹晏飞,滕光辉,余礼根,等. 含风机噪声的蛋鸡声音信号去噪方法比较[J]. 农业工程学报, 2014, 30(2):212-218.
Cao Yanfei, Teng Guanghui, Yu Ligen, et al. Comparison of different de-noising methods in vocalization environment of laying hens including fan noise[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(2):212-218. (in Chinese)
- 46 余礼根,滕光辉,李保明,等. 栖架养殖模式下蛋鸡发声分类识别[J]. 农业机械学报, 2013, 44(9):236-242.
Yu Ligen, Teng Guanghui, Li Baoming, et al. Classification methods of vocalization for laying hens in perch system[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(9):236-242. (in Chinese)
- 47 杨正德,黄国昌,李必胜. 黎平黄牛体重估测公式探讨[J]. 黄牛杂志, 1998, 24(6):27-29.
- 48 张明智,郑根福,张有才,等. 晋南牛体重估测公式的研究[J]. 黄牛杂志, 2000, 26(2):6-9.
- 49 付雪峰,季生林,黄锡霞,等. 舍饲新疆褐牛犊牛体重与体尺指标的相关及回归分析[J]. 新疆农业科学, 2009, 46(4):844-848.
Fu Xuefeng, Ji Shenglin, Huang Xixia, et al. Correlation and regression analysis of body weight and body size measurements for xinjiang brown cattle calf under pen feeding[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2009, 46(4):844-848. (in Chinese)
- 50 贺建宁,李俊雅,许尚忠,等. 应用逐步回归法估测中国西门塔尔牛体重的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2009, 36(9):199-201.
- 51 周振勇,张杨,蔺宏凯,等. 基于主成分逐步回归法的新疆褐牛体重预测模型研究[J]. 中国牛业科学, 2012, 38(1):1-4.
- 52 王雨峰,蔡治华. 用最小二乘法原理估测黄牛体重[J]. 安徽农业科学, 2000, 28(3):370-371.
Wang Yufeng, Cai Zhihua. Estimate of the weight of cattle and application of the least square method[J]. Journa of Anhui Agricultural Sciences, 2000, 28(3):370-371. (in Chinese)
- 53 杨艳,滕光辉,李保明,等. 基于计算机视觉技术估算种猪体重的应用研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2):127-131.
Yang Yan, Teng Guanghui, Li Baoming, et al. Measurement of pig weight based on computer vision[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(2):127-131. (in Chinese)
- 54 付为森,滕光辉,杨艳,等. 种猪体重三维预估模型的研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(增刊2):84-87.
- 55 刘同海,李卓,滕光辉,等. 基于 RBF 神经网络的种猪体重预测[J]. 农业机械学报, 2013, 44(8):245-249.
Liu Tonghai, Li Zhuo, Teng Guanghui, et al. Prediction of pig weight based on radical basis function neural network[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(8):245-249. (in Chinese)
- 56 刘同海,滕光辉,张盛南,等. 基于点云数据的猪体曲面三维重建与应用[J]. 农业机械学报, 2014, 45(6):291-295.
Liu Tonghai, Teng Guanghui, Zhang Shengnan, et al. Reconstruction and application of 3D pig body model based on point cloud data[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(6):291-295. (in Chinese)
- 57 郭浩,马钦,张胜利,等. 基于三维重建的动物体尺获取原型系统[J]. 农业机械学报, 2014, 45(5):227-232.
Guo Hao, Ma Qin, Zhang Shengli, et al. Prototype system of shape measurements of animal based on 3D reconstruction[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(5):227-232. (in Chinese)
- 58 陆明洲,刘志强,沈明霞,等. WMSN 图像节点的低内存小波变换方法研究[J]. 农业机械学报, 2014, 45(4):289-293.
Lu Mingzhou, Liu Zhiqiang, Shen Mingxia, et al. Image wavelet transform method on low memory sensor nodes of WMSN[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(4):289-293. (in Chinese)
- 59 陆明洲,沈明霞,丁永前,等. 畜牧信息智能监测研究进展[J]. 中国农业科学, 2012, 45(14):2939-2947.
Lu Mingzhou, Shen Mingxia, Ding Yongqian, et al. Review on the intelligent technology for animal husbandry information monitoring[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2012, 45(14):2939-2947. (in Chinese)

60 Danica Krizanac, Moritz Haugk, Fritz Sterz, et al. Tracheal temperature for monitoring body temperature during mild hypothermia in pigs [J]. Resuscitation, 2010, 81(10):87 – 92.

61 Heidi Mai-Lis Andersen, Erik Jørgensen, Lise Dybkjæ, et al. The ear skin temperature as an indicator of the thermal comfort of pigs [J]. Applied Animal Behaviour Science, 2008,113(12): 43 – 56.

62 Marloes Hentzen, Dag Hovden, Mans Jansen, et al. Design and validation of a wireless temperature measurement system for laboratory and farm animals[J]. Proceedings of Measuring Behavior, 2012(8):466 – 471.

63 Thomas Nejsum Madsen, Søren Andersen, Anders Ringgaard Kristensen. Modelling the drinking patterns of young pigs using a state space model [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2005,48(1):39 – 62.

64 陆明洲,沈明霞,丁永前,等.群养母猪饮水行为自动监测系统设计[J].南京农业大学学报,2013,36(5):133 – 138.
Lu Mingzhou, Shen Mingxia, Ding Yongqian, et al. Design of automatic system for drinking behavior monitoring in group housed sows[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2013,36(5):133 – 138. (in Chinese)

65 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[J].仪器仪表学报,2007,28(2):293 – 297.
Tian Fuyang, Li Fade, Li Jingyang, et al. Design and study of the test instrument for feed in take of the dairy cow[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2007,28(2):293 – 297. (in Chinese)

66 钟芳葵.基于 RFID 和 ARM 嵌入技术的猪行为自动监测系统设计[D].镇江:江苏大学,2010.

67 Ferrari S, Silva M, Guarino M, et al. Cough sound analysis to identify respiratory infection in pigs[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 64(2): 318 – 325.

68 Silva M, Exadaktylos V, Ferrari S, et al. The influence of respiratory disease on the energy envelope dynamics of pig cough sounds[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 69(1): 80 – 85.

69 Silva M, Ferrari S, Costa A, et al. Cough localization for the detection of respiratory diseases in pig houses[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 64(2):286 – 292.

70 朱伟兴,浦雪峰,李新城,等.基于行为监测的疑似病猪自动化识别系统[J].农业工程学报,2010,26(1):188 – 192.
Zhu Weixing, Pu Xuefeng, Li Xincheng, et al. Automatic identification system of pigs with suspected case based on behavior monitoring[J]. Transactions of the CSAE, 2010,26(1):188 – 192. (in Chinese)

71 浦雪峰,朱伟兴,陆晨芳.基于对称像素块识别的病猪行为监测系统[J].计算机工程,2009, 35(21):250 – 252.
Pu Xuefeng, Zhu Weixing, Lu Chenfang. Sick pig behavior monitor system based on symmetrical pixel block recognition[J]. Computer Engineering, 2009, 35(21):250 – 252. (in Chinese)

Review of Monitoring Technology for Animal Individual in Animal Husbandry

Shen Mingxia¹ Liu Longshen¹ Yan Li¹ Lu Mingzhou¹ Yao Wen² Yang Xiaojing³

(1. Laboratory of Modern Facility Agriculture Technology and Equipment Engineering in Jiangsu Province, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China

2. College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

3. Key Lab of Animal Physiology and Biochemistry, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The information of individual animal husbandry mainly includes estrus information, delivery information, behavior information, weight information and health information. Automatic and intensive farming is the development trend of husbandry, and accurately and efficiently monitoring individual animal information is useful for analyzing animal physiology, health and welfare, and the foundation of automated health farming and meat traceability. At present, the method of monitoring the information of individual animal husbandry in China mainly relies on the artificial observation, which has the shortage of strong subjectivity and time-consuming. The present study and application of some key technologies, including estrus information, delivery information, behavior information, weight information and health information, and monitoring of the animal husbandry information, are discussed. The research direction of the intelligent technology for individual animal husbandry information monitoring in the future is put forward.

Key words: Animal husbandry Individual monitoring Animal welfare Healthy breeding