

母羊产前行为特征分析与识别

—基于可穿戴检测装置构架

刘艳秋¹, 武佩¹, 张丽娜^{1,2}, 邢小琛¹, 宣传忠¹

(1. 内蒙古农业大学 机电工程学院, 呼和浩特 010018; 2. 内蒙古师范大学 物理与电子信息学院, 呼和浩特 010022)

摘要: 准确获取母羊临产前行活动方式及其规律对预测母羊分娩时间、判断其在分娩时是否需要提供人工助产具有重要的意义。目前, 在大规模集约化养殖环境下大多依靠饲养员对母羊产前行进行连续观察, 耗时耗力, 且主观性较大。为此, 设计了一种基于可穿戴数据检测装置的母羊产前行行为特征实时监测系统。该装置以单片机 STM8 为主控芯片, 采用 MPU6050 三轴加速度传感器获取母羊产前行行为数据, 通过 Wifi 无线传输模块 USR-C215 将数据传输至上位机。利用 K 均值聚类算法对母羊产前 3 种行为(趴卧、行走、站立) 进行特征分析与识别。试验表明: 系统可以快速、准确的获取母羊产前行行为的加速度信息, 并对母羊的 3 种产前行行为能够正确的分类识别, 识别率为 82.69%, 能够满足母羊产前行行为识别的要求。

关键词: 母羊产前行行为; 加速度传感器; 无线传输; K 均值聚类算法; 检测装置

中图分类号: S826.9; S24

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2017)09-0163-06

DOI:10.13427/j.cnki.njyi.2017.09.032

0 引言

农业作为我国的三大产业之一, 在国民经济发展中起到重要的作用。然而, 由于我国的技术相对落后导致我国农业基础较为薄弱; 同时, 处于我国西北部的内蒙古地区常年干旱少雨, 出现单一的以种植业作为主要经济来源的农户, 经济收入下降。基于以上原因, 为提高内蒙古地区的经济效益, 需要将农业与养殖业相结合。在较落后的农区开展养羊业是增加农户经济收入的重要来源。

近年来, 随着肉羊的养殖密度增加, 养殖环境得不到保障, 导致肉羊处于亚健康或不健康状态, 羊的发病率大幅度上升^[1-2]。动物行为是其在特定条件下生理和心理行为的自然反应, 能够全面反映动物机体的整体状态, 通过行为能够了解动物的喜怒哀乐、各种生理需求及欲望。因此, 实时精确了解羊的行为可以评价其健康状况和福利化养殖水平^[3]。分娩是肉羊生产过程中重要环节之一。母羊在分娩前一般表现为举动不安、起卧频繁、经常回顾腹部等典型行

为^[4]。因此, 实时、准确地监测母羊分娩前行方式, 获取行为发生的规律信息对判断母羊分娩时间、预测其是否需要提供人工助产具有重要意义。

传统的对母羊产前行行为监测多是由饲养者人为的进行观察来预测母羊的分娩时间、判断母羊的分娩状况, 主观性较强、劳动强度大。国内外研究学者对智能化、自动化相关技术进行了研究, 以此克服人工监测方法的不足。国外对农业养殖环境下动物行为监测研究起步较早^[5-7]。其中, Alice 等为提升奶牛的福利化养殖, 通过视频监测的方法对奶牛产前行行为进行监测, 并分析总结了奶牛难产前行行为特征, 以此作为预测奶牛分娩状况的依据^[8]; Traulsen 等采用三轴加速度传感器及定位技术对妊娠期群养母猪的行为进行监测, 通过线性回归模型对行为数据进行分析, 实现了对母猪行为模式的识别, 并对其分娩时间进行预测^[9]。国内学者对农业养殖环境下动物行为监测也进行了相关研究^[10-13]。刘龙申、沈明霞等人利用三轴加速度传感器和无线传感网络技术对母猪产前行行为进行实时监测, 采用 K 均值聚类算法对母猪的产前行行为进行分类识别, 为建立母猪分娩时间预测模型的建立提供基础^[14]。郭东东等人同样利用三轴加速度传感器对半封闭圈养的波尔山羊行为数据进行采集, 采用 K-means 聚类算法对山羊行为分类, 为山羊福利化养殖及疾病预测模型的建立奠定了基础^[15]。2015 年, 宣传忠、武佩^[1,16-17]等人对不同应激行为下

收稿日期: 2016-07-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(61461042, 11364029); 内蒙古自然科学基金项目(2012MS0720); 内蒙古“草原英才”产业创新人才团队项目(内组通字[2014]27号)

作者简介: 刘艳秋(1988-), 女, 内蒙古赤峰人, 博士研究生, (E-mail) lyq13514413846@163.com。

通讯作者: 武佩(1963-), 男, 内蒙古化德人, 教授, 博士生导师, (E-mail) jdwp@imau.edu.cn。

母羊发声行为进行了研究,通过功率谱和共振峰的方法对母羊发声信号进行识别,以此对母羊的健康状况和福利化养殖水平进行评价。目前,国内外对利用三轴加速度传感器监测母羊产前行为的研究鲜有报道。

综上所述,本文设计了一种可穿戴式数据采集节点装置。利用三轴加速度传感器、无线传输技术和嵌入式系统对母羊产前行为进行实时监测,该装置具有体积小、佩戴方便及功耗低等特点。采用 K 均值聚类算法对产前行为进行分类识别,为获取母羊产前行为发生的规律及母羊分娩时间预测模型的建立提供了数据基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在内蒙古农业大学海流图科技园区的肉羊养殖基地进行。选取 10 只小尾寒羊母羊进行产前行为数据获取。其中 6 只母羊作为试验组,用松紧布带在其颈部上方佩戴行为监测设备;另外 4 只母羊作为对照组,用于比较母羊佩戴行为监测设备是否会出现异常反应。试验母羊均为分娩前 1 周左右转入育羔栏内的经产母羊。母羊在育羔栏内可以自由饮水,饲喂时间分别为 07:00-07:30 和 17:00-18:00。

1.2 行为数据采集

设计了母羊产前行为特征实时监测系统,总体结构图如图 1 所示。系统利用三轴加速度传感器对母羊产前行为信息进行采集,通过无线模块传输至上位机,上位机由 LabVIEW 软件实现母羊行为数据的获取。行为数据采集节点装置通过松紧布带固定在母羊颈部上方,如图 2 所示。采集节点装置由 4 节 1 600 MAH 的干电池进行供电。

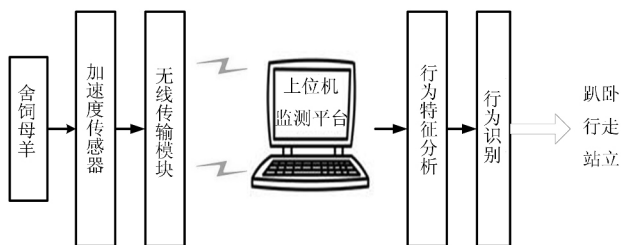


图 1 系统总体结构框图

Fig. 1 Diagram of the system

佩戴松紧布带时需要保证数据采集节点不会出现松动,同时确保母羊不会因为松紧布带过紧而产生不适。母羊产前行为数据通过无线模块发送至上位机,可以实现羊舍环境下 20m 内无线数据的传输。在数据采集节点获取行为数据的同时,利用视频监控设备记录母羊产前行为,方便后续行为数据的处理。所采

用的视频监控设备为大华科技 DH-HAC-HFW1100D 型高清同轴红外定焦枪式摄像机,像素为 100 万;同时配套使用大华科技 DH/HCVR410HS 型 4 路硬盘录像机及 2TB 硬盘。记录 2016 年 5 月 8-15 日每天 24h 母羊的行为视频。摄像机安装如图 3 所示。母羊颈部安装的加速度传感器节点,三轴加速度的指向分别为: x 轴正向指向母羊的左侧, y 轴正向为垂直地面向上, z 轴正向指向母羊的头部方向。



图 2 母羊佩戴数据采集节点示意图

Fig. 2 Photo of the ewe with data acquisition node



图 3 母羊行为视频监控

Fig. 3 Video monitoring system of ewe's behavior

1.3 母羊产前行为的加速度数据分析

母羊在分娩前 24h 内表现出明显的行为特征,主要体现在站立与卧卧行为转换频率增加。通过视频记录的 6 只母羊产前行为,统计分析了母羊产前 7 天及产后 2 天每天 24h 的行为变化次数。统计结果显示:母羊产前 36h 内行为变化明显,同时通过录取的视频发现母羊在产前 24h 左右采食行为发生的次数出现明显减少。

为验证加速度传感器能够实现对母羊产前行为监测的可行性,采集了母羊卧卧、站立、行走 3 种行为的加速度数据,加速度数据曲线如图 3 所示。图 4 显示母羊不同的行为 3 个轴向加速度值的区别较大。本文根据行为发生的时间结合不同行为的加速度数据曲

线的波动性及不同轴向加速度的方向变化对母羊产 前行为进行判断。

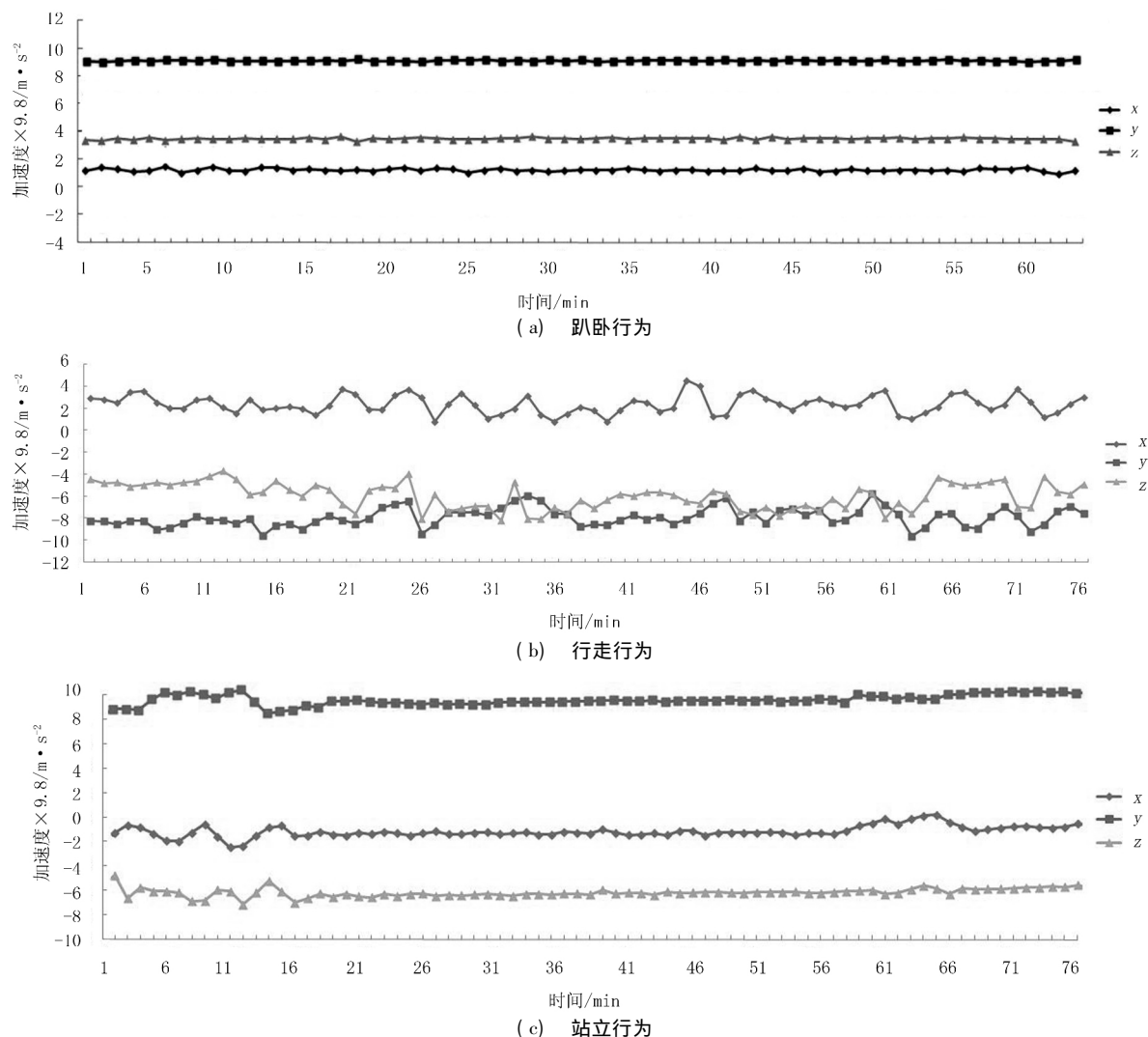


图 4 母羊典型行为加速度数据曲线

Fig. 4 Acceleration curves of the ewe's typical behavior

1.4 K 均值聚类算法

聚类是一个将具有相似特征的数据进行重新分类的过程,是应用最为广泛的划分聚类算法之一,具有操作简单、易于实现、效率高等特点。 K 均值聚类算法以 K 为输入参数,将 n 个对象集合分为 K 个簇,使得簇内的集合相似度高,而簇间的相似度低^[18]。簇的相似度是由簇中对象的均值来度量的,即簇的质心。算法的处理流程如下,首先指定需要划分的簇的个数 K ;其次从 n 个数据对象中随机选取 K 个初始数据作为初始聚类中心;然后计算剩余的每个数据对象到初始聚类中心的距离,将数据对象重新划分到距离它最近的那个中心所处的簇中;最后调整新类并重新计算新类的中心,如果所计算出的聚类中心不再出现变化,则准则函数收敛,数据分类结束。通常采用的准则函数为平方误差准则函数 E ,有

$$E = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in c_j} (x_j - m_j)^2 \quad (1)$$

其中, E 为数据集中所有对象的平方误差的总和; x_j 为空间中的点,表示给定的数据对象; m_i 为簇 c_i 的平均值。

算法的具体实现步骤如下:

1) 设定类别数 K 。给定大小为 n 的数据集,对每个类别的聚类中心赋初值: $\{Z_1(1), Z_2(1), \dots, Z_k(1)\}$ 。其中 $Z_j(1)$ 表示第 1 次迭代的聚类中心。一般情况下,初始值是任意选取的,但通常都会设置成样本矢量的前 K 个值。

2) 求解每个数据对象与初始聚类中心的距离 $D(x_i, Z_j(I))$, $i=1, 2, 3, \dots, n$, $j=1, 2, 3, \dots, K$,若求得二者之间的距离 D 满足式(2)

$$D(x_i, Z_k(I)) = \min\{D(x_i, Z_k(I)) \mid i=1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

则 $x_i \in m_k$ 。

3) 令 $I = I + 1$, 计算新的聚类中心, 有

$$Z_j(I+1) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_j} x_i^{(j)} \quad j=1, 2, 3, \dots, k \quad (3)$$

误差平方和准则函数 E 的值为

$$E(I+1) = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in c_j} [x_j - Z_j(I+1)]^2 \quad (4)$$

4) 如果 $|E(I+1) - E(I)| < \varepsilon$, 则算法结束; 反之 $I = I + 1$, 继续执行第 2) 步操作。

1.5 基于 K 均值聚类算法的母羊产前行为分析

通过获取的不同行为的加速度数据, 发现区分母羊的趴卧、站立、行走 3 种行为, 加速度值的方向不是判断的必要条件。因此, 本文采用合加速度 ACC 来表示母羊不同行为的加速度大小。合加速度值 ACC 的计算公式为

$$ACC = \sqrt{ACC_x^2 + ACC_y^2 + ACC_z^2} \quad (5)$$

利用 K 均值聚类算法将不同行为的加速度数据根据其波动性将样本进行聚类, 实现过程如下:

1) 根据母羊产前行为变化规律以及不同行为加速度数据的波动性分类, 母羊的行为主要有趴卧、行走、站立 3 种, 随机选取 3 个初始聚类中心 $Z_k, k=1,$

2, 3。

2) 将样本集的每个 x_i 分配到与它距离最近的那个质心 Z_k 代表的聚类中。

3) 计算分配后新聚类的中心, 以及误差平方和准则函数 E 。

4) 如果计算的聚类中心位置依然有变化, 则重复步骤 2) 和步骤 3), 直到聚类中心不再发生变化或者满足小于最小偏差阈值时, 算法结束。本文采用 LabVIEW 软件设计母羊产前行为数据的采集系统, 采用 MatLab 软件实现 K 均值聚类算法。

2 结果与分析

试验共采集 5 000 个样本量, 其中 3 000 个样本用于获取 K 均值聚类算法的聚类中心, 其余 2 000 个样本用于对聚类算法进行母羊产前行为识别效果的试验。

2.1 母羊产前行为识别

将通过 3 000 个样本获取的聚类中心作为实测时的初始聚类中心, 由其余 2 000 个样本进行算法的效果验证。获取的 3 个聚类中心分别为: 8.79, 8.91, 9.81。识别结果如图 5 所示。

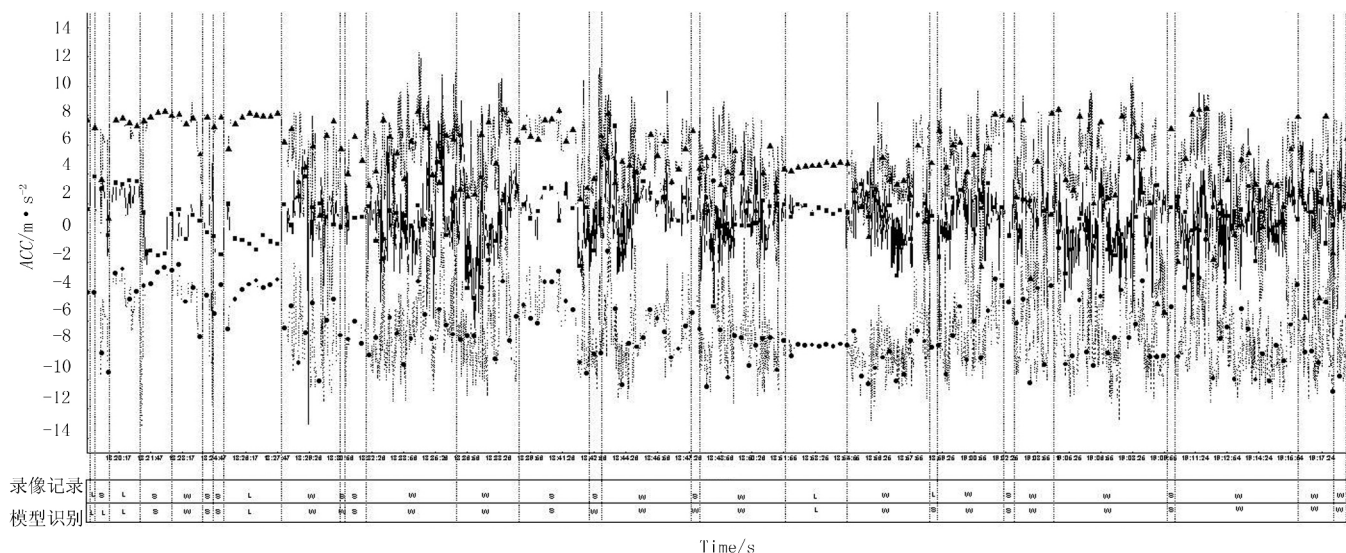


图 5 母羊产前行为识别结果

Fig. 5 Identified results of ewes' behavior prior to delivery

图 5 中, L 表示母羊的趴卧行为, S 表示站立行为, W 表示行走行为。图 4 表明根据不同行为加速度值的不同特征, 采用 K 均值聚类算法可以实现母羊产前行为的识别。算法识别结果与视频监测的行为情况对比结果表明: 所采用的算法能够正确的识别出母羊趴卧、站立和行走行为。在 2 000 个数据样本中, 母羊实际发生行为变化次数为 52 次, 算法正确判断出行为发生的次数为 43 次, 正确率达到 82.69%。误差

产生的主要原因是不同母羊表现的同种行为之间存在差异性, 同时不同行为的加速度数据比较接近, 另一个原因是母羊在运动时会导致所佩戴的数据采集节点出现位置移动从而引起误差。

2.2 佩戴数据采集节点对母羊的影响

由于母羊所佩戴的数据采集节点的松紧程度可以根据母羊脖颈的周长进行调节, 因此所设计的数据采集装置不会对羊的舒适度造成影响。通过观察两组

母羊的全程录像监测,经过对比发现:两组母羊的行为不存在差异,佩戴数据采集节点的母羊均未出现频繁摇头、蹭蹭产羔栏、不能躺卧等行为。综上所述,佩戴数据采集节点不会对母羊产前行为产生影响。

3 结 论

农业的发展是时代的潮流和市场趋势,在农业发展过程中养殖业的作用越来越突出。内蒙古地区拥有着养殖肉羊的天然优势,使得肉羊产业的发展十分迅速,在为农户创造巨大经济财富的同时,也为农业发展提供了动力和条件。本文通过观测母羊产前行为,获取了分娩前母羊行为特征规律,反馈其产前健康状况,同时预测其分娩时间。在研究母羊产前行为的基础上,利用无应激、无接触的优点,建立实时监测系统了解母羊对周围环境的适应情况,结合羊舍环境调控系统,有利于提高舍饲环境调控效率,对羊只疾病的预防、监控提供一定的预警信息,实现智能化管理,为提高母羊的繁殖效率有明显的现实意义。目前,利用传感器的方法监测母羊的产前行为已经有一定的应用,但该技术还未完全成熟,需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 宣传忠,武佩,马彦华,等.基于功率谱和共振峰的母羊发声信号识别[J].农业工程学报,2015(24):219-224.
- [2] 陈长喜,张宏福,王兆毅,等.畜禽健康养殖预警体系研究与应用[J].农业工程学报,2010(11):215-220.
- [3] 闫丽,沈明霞,刘龙申,等.猪行为自动监测技术研究现状与展望[J].江苏农业科学,2016(2):22-25.
- [4] 郝彩虹.母羊分娩和羔羊护理[J].中国农村小康科技,2010(7):75-77.
- [5] Huzzey J M, Keyserlingk M A G V, Weary D M. Changes in Feeding, Drinking, and Standing Behavior of Dairy Cows During the Transition Period[J]. Journal of Dairy Science, 2005, 88(7):2454-2461.
- [6] Cangar ö, Leroy T, Guarino M, et al. Automatic real-time monitoring of locomotion and posture behavior of pregnant cows prior to calving using online image analysis[J]. Computers & Electronics in Agriculture 2008, 64(1):53-60.
- [7] Martiskainen P, Järvinen M, Skön J P, et al. Cow behavior pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines[J]. Applied Animal Behavior Science 2009, 119(1):32-38.
- [8] Barrier A C, Haskell M J, Macrae A I, et al. Parturition progress and behaviors in dairy cows with calving difficulty[J]. Applied Animal Behavior Science 2012, 139(3-4):209-217.
- [9] Traulsen I, Breitenberger S, Auer W, et al. Automatic detection of lameness in gestating group-housed sows using positioning and acceleration measurements[J]. Animal 2016(1):1-8.
- [10] 高云.基于无线传感器网络的猪运动行为监测系统研究[D].武汉:华中农业大学,2014.
- [11] 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(15):107-112.
- [12] 王军,姜永增,郭艳宏.基于RFID技术的生猪行为自动监测系统的设计[J].农机化研究,2014,36(1):108-111.
- [13] 戚江涛,李成松,李亚萍,等.犊牛智能化饲喂装置的设计[J].农机化研究,2014,36(10):127-130.
- [14] 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(3):192-196,191.
- [15] 郭东东,郝润芳,吉增涛,等.基于三轴加速度传感器的山羊行为特征分类与识别[J].家畜生态学报,2014(8):53-57.
- [16] 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[J].农业机械学报,2016(3):342-348.
- [17] 张丽娜,武佩,宣传忠,等.羊只体尺参数测量及其形态评价研究进展[J].农业工程学报,2016(S1):190-197.
- [18] 李文波,吴素研.数据挖掘十大算法[M].北京:清华大学出版社,2013.

Feature Analysis and Recognition of Ewe's Behavior Prior to Delivery

—Based on a Wearable Detection Device Architecture

Liu Yanqiu¹, Wu Pei¹, Zhang Lina^{1,2}, Xing Xiaochen¹, Xuan Chuanzhong¹

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;
2. College of Physics and Electronic Information Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

Abstract: Acquiring the pattern and regularity of ewe's behavior prior to delivery in real time has a great significance in predicting the delivery time of ewes and determining whether it needs to provide an artificial midwifery at birth. Presently,

the ewe's behavior prior to delivery has been continuously observed by breeder under large - scale intensive farming environment , which not only time - consuming and labor - intensive but subjective. So a monitoring system of ewes' behavior prior to delivery based on a wearable data detection device was designed in this paper. In the designed device , STM8 the chip microcomputer was used as the core control unit and the 3 - axis acceleration sensor MPU6050 was employed to detect the data of ewes' behavior prior to delivery , then the data was transmitted to the PC through the WiFi wireless transmission module USB - C215. The K - means clustering algorithm was adopted for analyzing and identifying the ewe' s three kinds of behaviors including lying , walking as well as standing. The tests showed that the system can acquire and transfer the ewe' s activity information in real time , and can correctly classify the behaviors prior to delivery. The accuracy can reach 82.69% , satisfied with the requirements of behavior identification for the ewes prior to delivery.

Key words: ewe's behavior; acceleration sensor; wireless transmission; K - means clustering algorithm; detection device

(上接第 157 页)

Abstract ID: 1003 - 188X(2017) 09 - 0154 - EA

Experimental Study on the Biomechanical Properties of Fine Variety Wheat' s Stalk and Taproot in Different Growth Periods

Wu Cuiqing ,Liu Yajie ,Wang Renjie ,Feng Qiqi ,Guo Yuming

(College of Engineering , Shanxi Agricultural University , Taigu 030801 , China)

Abstract: Anti - lodging is an important evaluation in the cultivation of fine variety wheat ,and it can be expressed and judged by it' s biomechanical properties of stalk and root at later stages. In this paper ,the mechanical properties of different growth period of wheat stalk internode segment ,including flexural strength ,shear strength ,bending stiffness ,elasticity modulus ,and the mechanical properties of taproot which corresponding to the growth periods ,including tensile strength ,shear strength ,elasticity modulus ,were experimental researched and analysed. The results provide rational support and reference for the cultivation of fine variety wheat varieties to take corresponding engineering measures.

Key words: fine variety wheat; wheat stalk; taproot; biomechanical properties; anti - lodging evaluation

(上接第 162 页)

Abstract ID: 1003 - 188X(2017) 09 - 0158 - EA

Effect of Parameter Optimization on Crushing Effect of Straw Crusher

Wei Siming^{1 2} ,Zhang Yaxiong¹ ,Cao Fu¹ ,Jia Fuguo¹

(1. Engineering Institute ,Northeast Agricultural University , Harbin 150030 ,China; 2. Heilongjiang Province Animal Husbandry Mechanization Research Institute ,Qiqihaer 061005 ,China)

Abstract: In order to improve the production efficiency of the straw pulverizer , explore the straw pulverizer process parameters on the crushing effect rules. With corn stalk (14% moisture content) as raw material , the quadratic rotation combination experiment , study of the straw pulverizer speed ,fixed knife gap and a movable cutter spacing on the crushing efficiency of the law , using design expert software processing test data , the establishment of the various process parameters to smash the effect rules of mathematical model , the significant test ($p = 0.0115 < 0.05$) . The results showed that combination of the optimized parameters: speed 500r / min , the clearance between moving and fixed cutter 17mm , knife 20mm. Under this conditions crushing pass rate reached 90% ,degree of electricity reached 37.12kg. The research results provide reference for the design and use of the mill.

Key words: straw crushing; process parameters; work efficiency; mathematical model