



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107714000 A

(43)申请公布日 2018.02.23

(21)申请号 201711098737.1

(22)申请日 2017.11.09

(71)申请人 河南科技大学

地址 471000 河南省洛阳市涧西区西苑路  
48号

(72)发明人 王俊 张海洋 陈豫 谭骥  
李明勇 张亚丹

(74)专利代理机构 洛阳公信知识产权事务所  
(普通合伙) 41120

代理人 陈佳丽

(51)Int.Cl.

A61B 5/01(2006.01)

A61B 5/11(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

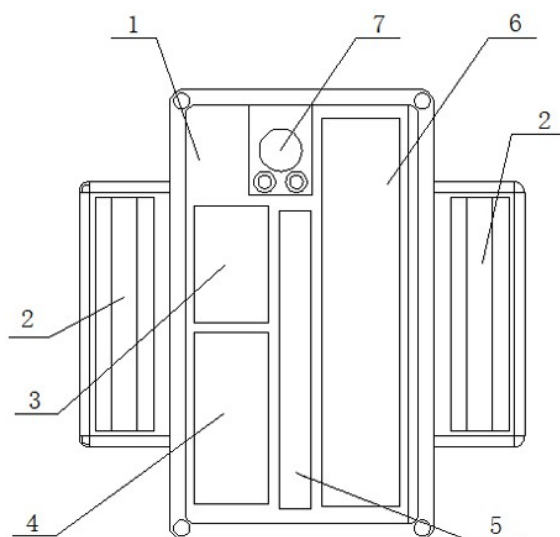
权利要求书3页 说明书10页 附图5页

### (54)发明名称

一种奶牛健康状况检测方法及装置

### (57)摘要

一种奶牛健康状况检测方法及装置,涉及畜牧业智能化管理领域,通过监测装置对奶牛的体温和三轴加速度进行采集,得到设定时间周期内奶牛的体温数据样本集和三轴加速度数据样本集,对数据样本集进行统计分析,将奶牛的温度与奶牛的运动状态相结合,通过逻辑编码实现奶牛健康状况的识别。本发明有益效果:本发明避免了单一方面判定带来的结果误差,增强了健康状况判定结果的准确性及可信性。



1. 一种奶牛健康状况检测方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤一、通过设置于奶牛腿上的三轴加速度传感器采集设定时间周期内奶牛的三轴加速度样本集U,对数据样本集U进行分析处理,判断奶牛不同的运动状态,并建立综合评价模型,判断奶牛的运动量,将运动量通过信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 进行表示,其中奶牛运动量与信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 对应状态为:

- (1)  $P_1=1, P_2=0, P_3=0$ , 表示奶牛运动量少;
- (2)  $P_1=0, P_2=1, P_3=0$ , 表示奶牛运动量正常;
- (3)  $P_1=0, P_2=0, P_3=1$ , 表示奶牛运动量多;

步骤二、通过设置于奶牛腿上的红外温度传感器采集设定时间周期内奶牛的体温数据样本集V,  $V = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ , 计算出这些体温数据的均值M,  $M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ , 将均值M与预先设定的温度阈值 $T_L$ 、 $T_H$ 进行对比,并输出体温信号参数 $S_1$ 、 $S_2$ 和 $S_3$ ,其中 $T_L$ 表示奶牛体温正常与体温偏低的临界值, $T_H$ 表示奶牛体温正常与温度偏高的临界值, $T_L < T_H$ ,具体方法为:

- (1) 若均值M小于 $T_L$ ,则输出 $S_1=1, S_2=0, S_3=0$ ;
- (2) 若均值M满足 $T_L < M < T_H$ ,则输出 $S_1=0, S_2=1, S_3=0$ ;
- (3) 若均值M大于 $T_H$ ,则输出 $S_1=0, S_2=0, S_3=1$ ;

步骤三、融合奶牛的运动量输出信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 和奶牛体温输出信号参数 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ ,通过以下逻辑编码实现奶牛健康状态Y的识别:

$$Y = S_1 \cdot \bar{S}_2 \cdot \bar{S}_3 + \bar{S}_1 \cdot \bar{S}_2 \cdot S_3 \cdot P_1 \cdot \bar{P}_2 \cdot \bar{P}_3$$

其中, $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 为检测的信号参数,“ $\cdot$ ”表示逻辑与运算,“+”表示逻辑或运算,“ $\bar{\phantom{x}}$ ”表示逻辑非运算,通过上述逻辑运算,当Y输出为1时,表示奶牛生病,当标志Y输出为0时,表示奶牛健康。

2. 根据权利要求1所述的一种奶牛健康状况检测方法,其特征在于:所述步骤一中判断奶牛的运动量,并将运动量通过信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 进行表示的具体方法为:

(1) 设定时间周期内奶牛的多组三轴加速度传感器数据样本集U为 $U = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ,每个样本由3个指标即奶牛X、Y、Z三轴的加速度构成, $a_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{i3}\}$ ,则可得到原始数据矩阵A,  $A = (a_{ij})_{n \times 3}$ ;

(2) 将原始数据矩阵A标准化处理得到模糊矩阵R,  $R = (a''_{ij})_{n \times 3}$ ;

(3) 构造模糊矩阵R中相邻数据模糊相似关系 $r_i$ ;

(4) 在设定时间周期内,奶牛存在站立、平躺、慢走、平躺动作、快走和站立动作六种运动状态,将步骤(3)得到的相邻数据模糊相似关系 $r_i$ 与预先设定的阈值比较,从而判断奶牛的运动状态,并统计记录奶牛处于各运动状态下的样本数 $N_i, i \in [1, 6]$ ;

(5) 建立综合评价模型,判断奶牛的运动量:由步骤(4)统计的各运动状态次数确定各运动状态的权重 $c_i: c_i = 0.19e^{-\frac{N_i}{n}}$ ,其中n表示样本总个数, $N_i$ 表示各运动状态的样本次数, $i \in [1, 6]$ ,可得出 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_6\}$ ,对C归一化得到 $C' = \{c'_1, c'_2, \dots, c'_6\}$ ;

(6) 对奶牛的运动量进行评价: $B = C' \odot D = (b_1, b_2, b_3)$ ,  $b_i = \sum_{j=1}^6 c'_j d_{ij}$ ,其中,D为综合评价矩阵,综合评价矩阵是通过实验对平躺、站立、慢跑、平躺动作、快跑和站立动作6个单因素

进行数据统计分析得到的评价结果,  $\odot$  为模糊算子,  $j=1,2,3$ , 运用最大隶属原则, 找出数值最大的  $b_i$ , 并将与其标号对应的信号参数  $P_i$  赋值 1, 其余的信号参数赋值 0。

3. 根据权利要求 2 所述的一种奶牛健康状况检测方法, 其特征在于: 所述步骤 (2) 中将原始数据 A 标准化处理得到模糊矩阵 R 的方法为: 首先将原始数据  $A = (a_{ij})_{n \times 3}$  代入公式

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij} - \bar{a}_j}{s_j} \text{ 进行平移-标准差变换, 其中 } \bar{a}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}, s_j = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_{ij} - \bar{a}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \text{ 若经过变换后}$$

任有  $a' \notin [0,1]$ , 则需将其代入公式  $a''_{ij} = \frac{a'_{ij} - \min\{a'_{ij}\}}{\max\{a'_{ij}\} - \min\{a'_{ij}\}}$  进行平移-极差变换, 最终可得模糊矩阵  $R = (a''_{ij})_{n \times 3}$ 。

4. 根据权利要求 2 所述的一种奶牛健康状况检测方法, 其特征在于: 所述步骤 (3) 中构造模糊矩阵 R 中相邻数据模糊相似关系  $r_i$  公式为:

$$r_i = \frac{\sum_{k=1}^3 (a''_{ik} \wedge a''_{jk})}{\sum_{k=1}^3 (a''_{ik} \vee a''_{jk})}, \text{ 其中, } i=1,2,\dots,n-1, j=i+1.$$

5. 根据权利要求 2 所述的一种奶牛健康状况检测方法, 其特征在于: 所述步骤 (4) 中将步骤 (3) 得到的相邻数据模糊相似关系  $r_i$  与预先设定的阈值比较, 从而判断奶牛的运动状态的具体方法为:

①若  $r_i \in [0.9, 1]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于 3, 则可判断奶牛处于平躺或站立状态, 然后通过比较奶牛 X 轴的加速度  $a_{i1}$  的大小判断奶牛是平躺还是站立状态:

a: 若  $a_{i1} < -0.5$ , 则判断奶牛处于站立状态, 并统计记录奶牛站立状态下的样本数  $N_1$ ;

b: 若  $a_{i1} > -0.5$ , 则判断奶牛处于平躺状态, 并统计记录奶牛平躺状态下的样本数  $N_2$ ;

②若  $r_i \in [0.8, 0.9]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于 3, 则可判断奶牛处于慢走状态, 并统计记录奶牛慢走状态下的样本数  $N_3$ ;

③若  $r_i \in [0.6, 0.8]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于 3, 则可判断奶牛处于平躺动作状态, 并统计记录奶牛平躺动作状态下样本数  $N_4$ ;

④若  $r_i \in [0, 0.6]$ , 数据在此运动状态下剧烈波动且此状态下样本的次数大于等于 3, 则可判断奶牛处于快走状态, 并统计记录奶牛快走状态下的样本数  $N_5$ ;

⑤若  $r_i \in [0.6, 0.95]$ , 数据在此运动状态下剧烈波动且此状态下样本的次数大于等于 3, 则可判断奶牛处于站立动作状态, 并统计记录奶牛站立动作状态下的样本数  $N_6$ 。

6. 一种用于监测奶牛健康状况的检测装置, 其特征在于: 包括装置箱体 (1) 以及设置于装置箱体 (1) 上用于将检测装置固定于牛腿上的固定装置, 所述的固定装置为分别设置于装置箱体两侧的固定带 (2), 在所述装置箱体 (1) 内设有红外测温模块 (7)、三轴加速度检测模块 (3)、供电模块 (6)、控制模块 (5) 以及无线收发模块 (4), 在装置箱体 (1) 的内壁上开设一通孔, 红外测温模块设置于通孔处并与通孔配合对奶牛进行测温, 所述控制模块 (5) 分别与红外测温模块 (7) 及三轴加速度检测模块 (3) 连接, 红外测温模块 (7) 及三轴加速度检测模块 (3) 与无线收发模块 (4) 连接, 所述的监测装置还包括用于接收及显示奶牛健康数据的上位机, 无线收发模块 (4) 通过无线网络与上位机进行信息传输。

7. 根据权利要求6所述的一种奶牛健康状况检测装置, 其特征在于: 所述的红外测温模块(7)为红外温度传感器, 控制模块(5)为单片机, 供电模块(6)为可充电锂电池。

8. 根据权利要求6所述的一种奶牛健康状况检测装置, 其特征在于: 所述装置箱体一侧的固定带(2)的外表面设有尼龙绒带, 另一侧固定带(2)的内表面设有与尼龙绒带配合实现固定作用的尼龙钩带。

9. 根据权利要求6所述的一种奶牛健康状况检测装置, 其特征在于: 所述的固定带(2)上均匀设有多个连接孔, 连接孔内穿设连接绳, 通过连接绳将监测装置绑设在牛腿上。

## 一种奶牛健康状况检测方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及畜牧业智能化管理领域,具体地说是一种奶牛健康状况检测方法及装置。

### 背景技术

[0002] 众所周知,奶牛业在我国畜牧业中已经成为了支柱性产业,其发展决定了我国畜牧业的经济水平。随着人们对奶制品需求的增大,保障奶牛产奶量及质量尤为重要。由于奶牛行为活动的变化越来越被认为是奶牛健康和福利的有用指标,因此对奶牛行为进行监测有助于及早发现和预防疾病。实时监测每头奶牛的健康状况,有助于提高产奶量及产奶质量。

[0003] 目前,奶牛的健康状况一般是养殖人员凭借经验通过观察得出,疾病发现以及规模化养殖效率都很低下。发明人在试验中发现,奶牛在发情、生病等身体状态异常情况下往往伴随着运动行为和体温的变化,因此奶牛的身体状况和健康情况可以通过实时监测奶牛的运动行为和体温来判定。本发明专利建立一种奶牛运动量与体温检测装置,精确检测奶牛的体温和行为,并通过统计分析方法对数据进行分析得出奶牛的健康状态。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种奶牛健康状况检测方法及装置,解决奶牛规模化养殖中健康状态检测所存在的问题。

[0005] 本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案是:一种奶牛健康状况检测装置,包括装置箱体以及设置于装置箱体上用于将检测装置固定于牛腿上的固定装置,所述的固定装置为分别设置于装置箱体两侧的固定带,在所述装置箱体内设有红外测温模块、三轴加速度检测模块、供电模块、控制模块以及无线收发模块,在装置箱体的内壁上开设一通孔,红外测温模块设置于通孔处并与通孔配合实现精确的测温功能,所述控制模块分别与红外测温模块及三轴加速度检测模块连接,红外测温模块及三轴加速度检测模块与无线收发模块连接,所述的监测装置还包括用于接收及显示奶牛健康数据的上位机,无线收发模块通过无线网络与上位机实现信息的传输。

[0006] 所述的红外测温模块为红外温度传感器,控制模块为单片机,供电模块为可充电锂电池。

[0007] 本发明所述装置箱体一侧的固定带的外表面设有尼龙绒带,另一侧固定带的内表面设有与尼龙绒带配合实现固定作用的尼龙钩带。

[0008] 本发明所述的固定带上均匀设有多个连接孔,连接孔内穿设连接绳,通过连接绳将监测装置绑设在牛腿上。

[0009] 一种奶牛健康状况检测方法,包括以下步骤:

步骤一、采集设定时间周期内奶牛的三轴加速度传感器数据样本集U,对数据样本集U进行分析处理,判断奶牛不同的运动状态,并建立综合评价模型,判断奶牛的运动量,将运

动量通过信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 进行表示,其中奶牛运动量与信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 对应状态为:

- (1)  $P_1=1, P_2=0, P_3=0$ , 表示奶牛运动量少;
- (2)  $P_1=0, P_2=1, P_3=0$ , 表示奶牛运动量正常;
- (3)  $P_1=0, P_2=0, P_3=1$ , 表示奶牛运动量多。

[0010] 步骤二、通过红外测温模块采集设定时间周期内奶牛的体温数据样本集 $V$ ,  $V =$

$\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ , 计算出这些体温数据的均值 $M$ ,  $M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ , 将均值 $M$ 与预先设定的温度阈值 $T_L$ 、 $T_H$ 进行对比, 并输出体温信号参数 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ , 其中 $T_L$ 表示奶牛体温正常与体温偏低的临界值,  $T_H$ 表示奶牛体温正常与温度偏高的临界值,  $T_L < T_H$ , 具体方法为:

- (1) 若均值 $M$ 小于 $T_L$ , 则输出 $S_1=1, S_2=0, S_3=0$ ;
- (2) 若均值 $M$ 满足 $T_L < M < T_H$ , 则输出 $S_1=0, S_2=1, S_3=0$ ;
- (3) 若均值 $M$ 大于 $T_H$ , 则输出 $S_1=0, S_2=0, S_3=1$ 。

[0011] 步骤三、融合奶牛的运动量输出信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 和奶牛体温输出信号参数 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ , 通过以下逻辑编码实现奶牛健康状态 $Y$ 的识别:

$$Y = S_1 \cdot \bar{S}_2 \cdot \bar{S}_3 + \bar{S}_1 \cdot \bar{S}_2 \cdot S_3 \cdot P_1 \cdot \bar{P}_2 \cdot \bar{P}_3$$

其中,  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 为检测的信号参数, “ $\cdot$ ”表示逻辑与运算, “ $+$ ”表示逻辑或运算, “ $\bar{\phantom{x}}$ ”表示逻辑非运算, 通过上述逻辑运算, 当 $Y$ 输出为1时, 表示奶牛生病, 当标志 $Y$ 输出为0时, 表示奶牛健康。

[0012] 本发明所述步骤一中判断奶牛的运动量, 并将运动量通过信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 进行表示的具体方法为:

(1) 设定时间周期内奶牛的多组三轴加速度传感器数据样本集 $U$ 为 $U = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , 每个样本由3个指标即奶牛 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 三轴的加速度构成,  $a_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{i3}\}$ , 则可得到原始数据矩阵 $A$ ,  $A = (a_{ij})_{n \times 3}$ ;

(2) 将原始数据矩阵 $A$ 标准化处理得到模糊矩阵 $R$ ,  $R = (a''_{ij})_{n \times 3}$ ;

(3) 构造模糊矩阵 $R$ 中相邻数据模糊相似关系 $r_i$ ;

(4) 在设定时间周期内, 奶牛存在站立、平躺、慢走、平躺动作、快走和站立动作六种运动状态, 将步骤(3)得到的相邻数据模糊相似关系 $r_i$ 与预先设定的阈值比较, 从而判断奶牛的运动状态, 并统计记录奶牛处于各运动状态下的样本数 $N_i$ ,  $i \in [1, 6]$ ;

(5) 建立综合评价模型, 判断奶牛的运动量: 由步骤(4)统计的各运动状态次数确定各运动状态的权重 $c_i$ :  $c_i = 0.19e^{-\frac{N_i}{n}}$ , 其中 $n$ 表示样本总个数,  $N_i$ 表示各运动状态的样本次数,  $i \in [1, 6]$ , 可得出 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_6\}$ , 对 $C$ 归一化得到 $C' = \{c'_1, c'_2, \dots, c'_6\}$ ;

(6) 对奶牛的运动量进行评价:  $B = C' \odot D = (b_1, b_2, b_3)$ ,  $b_i = \sum_{j=1}^6 c'_j d_{ij}$ , 其中,  $\odot$ 为模糊算子,  $j=1, 2, 3$ , 运用最大隶属原则, 找出数值最大的 $b_i$ , 并将与其标号对应的信号参数 $P_i$ 赋值1, 其余的信号参数赋值0。

[0013] 本发明所述步骤(2)中将原始数据 $A$ 标准化处理得到模糊矩阵 $R$ 的方法为: 首先将

原始数据 $A = (a_{ij})_{n \times 3}$ 代入公式 $a'_{ij} = \frac{a_{ij} - \bar{a}_j}{s_j}$ 进行平移-标准差变换, 其中

$\bar{a}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}$ ,  $s_j = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_{ij} - \bar{a}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ , 若经过变换后任有  $a' \notin [0,1]$ , 则需将其代入公式

$$a'_{ij} = \frac{a'_{ij} - \min\{a'_{ij}\}}{\max\{a'_{ij}\} - \min\{a'_{ij}\}}$$

进行平移—极差变换, 最终可得模糊矩阵  $R = (a''_{ij})_{n \times 3}$ 。

[0014] 本发明所述步骤(3)中构造模糊矩阵R中相邻数据模糊相似关系 $r_i$ 公式为:

$$r_i = \frac{\sum_{k=1}^3 (a''_{ik} \wedge a''_{jk})}{\sum_{k=1}^3 (a''_{ik} \vee a''_{jk})}, \text{其中, } i=1, 2, \dots, n-1, j=i+1。$$

[0015] 本发明所述步骤(4)中将步骤(3)得到的相邻数据模糊相似关系 $r_i$ 与预先设定的阈值比较, 从而判断奶牛的运动状态的具体方法为:

①若 $r_i \in [0.9, 1]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于平躺或站立状态, 然后通过比较奶牛X轴的加速度 $a_{i1}$ 的大小判断奶牛是平躺还是站立状态:

a: 若 $a_{i1} < -0.5$ , 则判断奶牛处于站立状态, 并统计记录奶牛站立状态下的样本数 $N_1$ ;

b: 若 $a_{i1} > -0.5$ , 则判断奶牛处于平躺状态, 并统计记录奶牛平躺状态下的样本数 $N_2$ ;

②若 $r_i \in [0.8, 0.9]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于慢走状态, 并统计记录奶牛慢走状态下的样本数 $N_3$ ;

③若 $r_i \in [0.6, 0.8]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于平躺动作状态, 并统计记录奶牛平躺动作状态下样本数 $N_4$ ;

④若 $r_i \in [0, 0.6]$ , 数据在此运动状态下剧烈波动且此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于快走状态, 并统计记录奶牛快走状态下的样本数 $N_5$ ;

⑤若 $r_i \in [0.6, 0.95]$ , 数据在此运动状态下剧烈波动且此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于站立动作状态, 并统计记录奶牛站立动作状态下的样本数 $N_6$ 。

[0016] 本发明的有益效果是: 通过红外温度传感器进行温度信息的测定, 通过三轴加速度传感器监测奶牛的运动情况, 通过方法分析将奶牛的温度和运动量通过信号参数表示出来, 将奶牛的温度与奶牛的运动状态相结合, 通过逻辑编码实现奶牛健康状态的识别, 避免了单方面判定带来的结果误差, 增强了行为状况判定结果的准确性及可信性。

## 附图说明

[0017] 图1为本发明检测装置的结构示意图;

图2为本发明检测装置电路板原理图;

图3为本发明对采集的奶牛的加速度数据进行处理得到信号参数的流程图;

图4为本发明对采集的奶牛的体温数据进行处理得到信号参数的流程图;

图5为本发明时间周期为15s采集的奶牛三轴加速度行为特征图;

图6为本发明三轴加速度传感器坐标系的示意图。

[0018] 图中标记: 1、装置盒体, 2、固定带, 3、三轴加速度检测模块, 4、无线收发模块, 5、控制模块, 6、供电模块, 7、红外测温模块。

## 具体实施方式

[0019] 一种奶牛健康状况检测装置,包括装置箱体1以及设置于装置箱体1上用于将监测装置固定于牛腿上的固定装置,所述的固定装置为分别设置于装置箱体1两侧的固定带2,所固定带2为柔性材质,可以缠绕固定于牛腿上,所述固定带上均匀设有多个连接孔,连接孔内穿设连接绳,通过连接绳将监测装置绑设在牛腿上;在所述装置箱体1内固定设有红外测温模块7、三轴加速度检测模块3、供电模块6、控制模块5以及无线收发模块4,在装置箱体1的内壁上开设一通孔,通孔与牛腿接触,红外测温模块设置于通孔处并与通孔配合紧密接触牛腿以实现精确的测温功能,所述控制模块5分别与红外测温模块7及三轴加速度检测模块3连接,红外测温模块7及三轴加速度检测模块3与无线收发模块4连接,所述的监测装置还包括用于接收及显示奶牛健康数据的上位机,无线收发模块4通过无线网络与上位机实现信息的传输。所述的红外测温模块7为MLX90614ESF-BAA红外温度传感器,控制模块5为STC8912C5A60S2单片机,供电模块6为18650可充电锂电池,三轴加速度检测模块3为ADXL345三轴加速度传感器,无线收发模块4为无线CC1101芯片。

[0020] 本发明检测装置工作原理:红外测温模块由MLX90614ESF-BAA型红外温度传感器及有关电路组成,通过红外温度传感器对奶牛的温度进行实时测量,将数据上传到无线收发模块,无线收发模块将数据传递至上位机。供电模块由18650可充电锂电池及有关线路组成,对整个电路及传感器进行供电,控制模块由微控制器51单片机控制,通过既定的程序控制整体电路的运行。三轴加速度检测模块由ADXL345三轴加速度传感器及有关电路组成,根据奶牛的活动所引起的变化进行数据收集从而实时监测奶牛的运动情况并通过无线收发模块将数据传递至上位机,固定装置为分别设置于装置箱体1两侧的固定带2,所固定带2为柔性材质,固定带上均设有通孔,将尼龙绳从通孔孔中穿过,后将检测装置紧密固定在牛腿上,防止奶牛因活动造成装置的移动及脱落,使三轴加速度检测模块监测出来的数据更加准确,同时使红外温度传感器的红外线放射口紧贴奶牛体表,减小因外界因素造成的温度测量误差,使数据更加真实可靠。

[0021] 本发明的工作流程为:首先打开电源开关,给整个电路进行供电,后通过固定模块将装置封装和紧密固定在牛腿上,温度模块及加速度模块开始正常工作,将数据通过无线收发模块传递到上位机等终端,上位机接收到体温数据样本和三轴加速度数据样本后,将这些数据进行统计分析得出奶牛的健康状况。

[0022] 一种奶牛健康状况检测方法,包括以下步骤:

一、设定时间周期内奶牛的多组三轴加速度传感器数据样本集 $U$ 为 $U = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ,每个样本由3个指标即奶牛 $X, Y, Z$ 三轴的加速度构成, $a_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{i3}\}$ ,则可得到原始数据矩阵 $A, A = (a_{ij})_{n \times 3}$ 。

[0023] 二、将原始数据矩阵 $A$ 标准化处理得到模糊矩阵 $R$ :首先将原始数据 $A = (a_{ij})_{n \times 3}$ 代

入公式 $a'_{ij} = \frac{a_{ij} - \bar{a}_j}{s_j}$ 进行平移-标准差变换,其中 $\bar{a}_j = \frac{1}{n} \sum_1^n a_{ij}, s_j = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_{ij} - \bar{a}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ ,若经过

变换后任有 $a' \notin [0, 1]$ ,则需将其代入公式 $a'_{ij} = \frac{a'_{ij} - \min\{a'_{ij}\}}{\max\{a'_{ij}\} - \min\{a'_{ij}\}}$ 进行平移-极差变换,最终



可得模糊矩阵 $R=(a''_{ij})_{n \times 3}$ 。

[0024] 三、构造模糊矩阵 $R$ 中相邻数据模糊相似关系 $r_i: r_i = \frac{\sum_{k=1}^3 (a''_{ik} \wedge a''_{jk})}{\sum_{k=1}^3 (a''_{ik} \vee a''_{jk})}$ , 其中,  $i=1, 2, \dots, n-1, j=i+1$ 。

[0025] 四、在设定时间周期内, 奶牛存在站立、平躺、慢走、平躺动作、快走和站立动作六种运动状态, 将步骤三得到的相邻数据模糊相似关系 $r_i$ 与预先设定的阈值比较, 从而判断奶牛的运动状态, 并统计记录奶牛处于各运动状态下的样本数 $N_i, i \in [1, 6]$ , 具体方法为:

①若 $r_i \in [0.9, 1]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于平躺或站立状态, 然后通过比较奶牛 $X$ 轴的加速度 $a_{i1}$ 的大小判断奶牛是平躺还是站立状态:

a: 若 $a_{i1} < -0.5$ , 则判断奶牛处于站立状态, 并统计记录奶牛站立状态下的样本数 $N_1$ ;

b: 若 $a_{i1} > -0.5$ , 则判断奶牛处于平躺状态, 并统计记录奶牛平躺状态下的样本数 $N_2$ ;

②若 $r_i \in [0.8, 0.9]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于慢走状态, 并统计记录奶牛慢走状态下的样本数 $N_3$ ;

③若 $r_i \in [0.6, 0.8]$ , 且采集到的此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于平躺动作状态, 并统计记录奶牛平躺动作状态下样本数 $N_4$ ;

④若 $r_i \in [0, 0.6]$ , 数据在此运动状态下剧烈波动且此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于快走状态, 并统计记录奶牛快走状态下的样本数 $N_5$ ;

⑤若 $r_i \in [0.6, 0.95]$ , 数据在此运动状态下剧烈波动且此状态下样本的次数大于等于3, 则可判断奶牛处于站立动作状态, 并统计记录奶牛站立动作状态下的样本数 $N_6$ 。

五、由步骤(4)统计的各运动状态次数确定各运动状态的权重 $c_i: c_i = 0.19e^{\frac{N_i}{n}}$ , 其中 $n$ 表示样本总个数,  $N_i$ 表示各运动状态的样本次数,  $i \in [1, 6]$ , 可得出 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_6\}$ , 对 $C$ 归一化得到 $C' = \{c'_1, c'_2, \dots, c'_6\}$ 。

[0026] 六、对奶牛的运动量进行判断:  $B = C' \odot D = (b_1, b_2, b_3)$ ,  $b_i = \sum_{j=1}^6 c'_i d_{ij}$ , 其中,  $D$ 为综合评价矩阵, 综合评价矩阵是通过实验对平躺、站立、慢跑、平躺动作、快跑和站立动作6个单因素进行数据统计分析得到的评价结果,  $\odot$ 为模糊算子,  $j=1, 2, 3$ , 运用最大隶属原则, 找出数值最大的 $b_i$ , 并将与其标号对应的信号参数 $P_i$ 赋值1, 其余的信号参数赋值0, 从而将奶牛的运动量通过信号参数 $P_1, P_2, P_3$ 进行表示, 其中奶牛运动量与信号参数 $P_1, P_2, P_3$ 对应状态为:

(1)  $P_1=1, P_2=0, P_3=0$ , 表示奶牛运动量少;

(2)  $P_1=0, P_2=1, P_3=0$ , 表示奶牛运动量正常;

(3)  $P_1=0, P_2=0, P_3=1$ , 表示奶牛运动量多。

[0027] 七、通过红外测温模块采集设定时间周期内奶牛的体温数据样本集 $V, V = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ , 计算出这些体温数据的均值 $M, M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ , 将均值 $M$ 与预先设定的温度阈值 $T_L, T_H$ 进行对比, 并输出体温信号参数 $S_1, S_2$ 和 $S_3$ , 其中 $T_L$ 表示奶牛体温正常与体温偏低的临界值,

$T_H$ 表示奶牛体温正常与温度偏高的临界值,  $T_L < T_H$ , 具体方法为:

- (1) 若均值 $M$ 小于 $T_L$ , 则输出 $S_1=1$ 、 $S_2=0$ 、 $S_3=0$ ;
- (2) 若均值 $M$ 满足 $T_L < M < T_H$ , 则输出 $S_1=0$ 、 $S_2=1$ 、 $S_3=0$ ;
- (3) 若均值 $M$ 大于 $T_H$ , 则输出 $S_1=0$ 、 $S_2=0$ 、 $S_3=1$ 。

[0028] 八、融合奶牛的运动量输出信号参数 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 和奶牛体温输出信号参数 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ , 通过以下逻辑编码实现奶牛健康状态 $Y$ 的识别:

$$Y = S_1 \cdot \bar{S}_2 \cdot \bar{S}_3 + \bar{S}_1 \cdot \bar{S}_2 \cdot S_3 \cdot P_1 \cdot \bar{P}_2 \cdot \bar{P}_3$$

其中,  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 为检测的信号参数, “ $\cdot$ ”表示逻辑与运算, “ $+$ ”表示逻辑或运算, “ $\bar{\phantom{x}}$ ”表示逻辑非运算, 通过上述逻辑运算, 当 $Y$ 输出为1时, 表示奶牛生病, 当标志 $Y$ 输出为0时, 表示奶牛健康。

[0029] 本发明所述获得综合评价矩阵的具体方法为: 通过视频监控录像对比, 统计 $Q$ 组数据中, 第 $i$ 个因素在三运动量类型 (即运动量少、运动量正常和运动量多) 中出现的次数分别为 $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  ( $q_1+q_2+q_3=Q$ ), 则该单因素 $i$ 的评价结果为 $D_i$ , 即  $D_i = (d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}) = \left( \frac{q_1}{Q}, \frac{q_2}{Q}, \frac{q_3}{Q} \right)$ ,

则6个单因素评价结果构成的评价矩阵为  $D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{61} & d_{62} & d_{63} \end{bmatrix}$ 。

### 实施例

[0030] 下面结合实施例及附图对本发明进行进一步的阐述:

为了验证本发明方法性能, 于2017年8月在河南省南阳市蒲山镇杨营新村三色鸽奶牛养殖场进行测试。试验共进行3h, 采样频率设为1Hz, 选取一头健康奶牛, 观察奶牛活动, 采用视频监控录像对比, 测试前将该奶牛的活动量采集节点时间与视频监控时间调成一致。共采集样本8543个。

[0031] 为判断本发明活动量算法的准确率, 从总体样本中抽取的一个设定时间周期内的30组样本奶牛加速度与奶牛体表温度数据 (表1) 进行分析。所抽取的序号1~5样本为慢走状态, 序号6~11为站立状态, 序号12~15为平躺动作状态, 序号16~20为平躺状态, 序号21~24为站立动作状态, 序号25~30为快走状态。

表1设定时间周期内采集的30组样本奶牛加速度与奶牛体表温度数据

序号	x	y	z	体温
1	-0.80	-0.10	0.40	39.13
2	-0.90	-0.10	0.20	39.09
3	-0.90	0.00	0.30	38.53
4	-0.80	-0.10	0.40	39.15
5	-0.70	0.00	0.20	38.73
6	-0.80	0.10	0.30	39.21
7	-0.80	0.10	0.30	39.19
8	-0.90	0.10	0.30	38.15
9	-0.80	0.10	0.30	39.43

10	-0.80	0.10	0.30	38.15
11	-0.80	0.10	0.30	37.59
12	-0.90	0.10	0.40	37.77
13	-0.50	0.30	0.30	38.93
14	-0.30	0.80	0.50	39.13
15	0.00	-0.10	0.70	38.53
16	0.00	0.90	0.30	38.69
17	0.00	0.90	0.30	39.15
18	0.00	0.90	0.30	38.93
19	0.00	0.90	0.30	39.29
20	0.00	0.90	0.30	39.55
21	0.00	0.90	0.30	38.09
22	-0.70	0.70	0.50	39.59
23	-0.60	0.40	0.50	38.89
24	-1.10	0.60	0.10	39.09
25	-1.40	0.60	0.20	38.95
26	-2.00	-0.60	0.90	38.77
27	-0.90	0.10	0.20	38.45
28	-1.50	-1.20	0.80	39.07
29	1.00	1.10	0.00	39.09
30	-0.60	0.50	0.20	38.75

[0032] 如图6所示,牛腿前进方向为Y轴,沿着牛腿向下为X轴,垂直牛腿向外为Z轴。由数据分析统计得出:奶牛处于不同的运动状态时各元素之间存在着一定的变化规律,因此选取各因素模糊相似关系 $r_i$ 作为分析对象。

[0033] 首先将30组三轴加速度样本做标准化处理。如下表2所示。

表2将30组三轴加速度样本做标准化处理后的数据表

序号	x	y	z
----	---	---	---

1	0.40	0.48	0.44
2	0.37	0.48	0.22
3	0.37	0.52	0.33
4	0.40	0.48	0.44
5	0.43	0.52	0.22
6	0.40	0.56	0.33
7	0.40	0.56	0.33
8	0.37	0.56	0.33
9	0.40	0.56	0.33
10	0.40	0.56	0.33
11	0.40	0.56	0.33
12	0.37	0.56	0.44
13	0.50	0.65	0.33
14	0.57	0.87	0.55
15	0.67	0.48	0.78
16	0.67	0.91	0.33
17	0.67	0.91	0.33
18	0.67	0.91	0.33
19	0.67	0.91	0.33
20	0.67	0.91	0.33
21	0.67	0.91	0.33
22	0.43	0.83	0.55
23	0.47	0.70	0.55
24	0.30	0.78	0.11
25	0.20	0.78	0.22
26	0.00	0.26	1.00
27	0.37	0.56	0.22
28	0.17	0.00	0.89
29	1.00	1.00	0.00
30	0.47	0.74	0.22

[0034] 将上述数据代入公式  $r_i = \frac{\sum_{k=1}^m (a''_{ik} \wedge a''_{jk})}{\sum_{k=1}^m (a''_{ik} \vee a''_{jk})}$ , ( $i = 1, 2, \dots, n-1, j = i+1$ ), 构造模糊矩阵R中

相邻数据模糊相似关系 $r_i$ 。计算结果如表3所示。

表3模糊矩阵R中相邻数据模糊相似关系 $r_i$ 统计表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$r_i$	0.81	0.88	0.87	0.79	0.86	1.00	0.98	0.98	1.00	1.00

序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$r_i$	0.90	0.79	0.74	0.69	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
序号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
$r_i$	0.75	0.91	0.62	0.84	0.24	0.25	0.21	0.06	0.55	

[0035] 结合上表数据与具体实例步骤1.5中的奶牛行为识别可知,在序号6~11与16~20之间, $r_i \in [0.9, 1]$ ,则可判断在该时刻奶牛处于站立状态或平躺状态,然后再判断该时刻对应的原始数据矩阵A的第一列 $a_{i1}$ ,因为序号6~11之间 $a_{i1} < -0.5$ ,则判断奶牛处于站立状态且 $N_1=6$ ,因为序号16~20之间 $a_{i1} > -0.5$ ,则判断奶牛处于平躺状态且 $N_2=5$ ;在序号1~5之间, $r_i \in [0.79, 0.88]$ ,则可判断在该时刻奶牛处于慢走状态且 $N_3=5$ ;在序号12~15之间, $r_i \in [0.63, 0.79]$ ,则可判断在该时刻奶牛在进行平躺动作 $N_4=4$ ;在序号21~24之间, $r_i \in [0.62, 0.91]$ ,该时刻数据剧烈波动,则可判断奶牛该时刻正在进行站立动作 $N_6=4$ ;在序号25~29之间, $r_i \in [0.06, 0.59]$ ,则可判断在该时刻奶牛处于快走状态 $N_5=5$ , $\sum N_i=29$ 。与采集样本的样本进行对比,判断出基本吻合奶牛的行为。

[0036] 然后进行奶牛运动量的判别。

[0037] 首先由步骤1.4中次数与权重的关系函数 $c_i = 0.19e^{\frac{N_i}{n}}$ ,可得 $X = \{0.17, 0.2, 0.13, 0.17, 0.13, 0.17\}$ ,则 $C = \{0.160, 0.155, 0.166, 0.160, 0.166, 0.160\}$ 。由于不满足归一化,则代入 $c'_i = \frac{c_i}{\sum_1 c_i}$ 进行变换,得到 $C' = \{0.165, 0.160, 0.171, 0.165, 0.171, 0.165\}$ 。

[0038] 从奶牛场记录的数据得各个因素对于各评价集的统计表如表4所示:

表4各个因素对于各评价集的统计

	等级标准		
	运动量少	运动量正常	运动量多
平躺	1951	1791	1334
站立	847	1167	1097
慢走	43	95	141
平躺动作	5	6	3
快走	5	15	28
站立动作	3	5	7
总计	2854	3079	2610

将上述表中数据代入 $D_i = (d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}) = \left( \frac{q_1}{Q}, \frac{q_2}{Q}, \frac{q_3}{Q} \right)$ ,得出单因素评价结果综合评价矩

$$\text{阵为 } D = \begin{bmatrix} 0.6836 & 0.5817 & 0.5111 \\ 0.2968 & 0.3790 & 0.4203 \\ 0.0151 & 0.0309 & 0.0540 \\ 0.0018 & 0.0019 & 0.0011 \\ 0.0018 & 0.0049 & 0.0107 \\ 0.0011 & 0.0016 & 0.0027 \end{bmatrix}。$$

[0039] 然后将上述计算所得数据代入  $B = C' \odot D$ ,  $b_j = \sum_{i=1}^6 c'_i d_{ij} = \{0.164 \ 0.163 \ 0.163\}$ , ( $j=1,2,3$ )。

运用最大隶属原则即可得出  $b = \max \{b_i\} = 0.164$ , 则综合评价结果定为奶牛运动量少。则可得信号参数  $P_1=1$ 、 $P_2=0$ 、 $P_3=0$ 。

[0040] 根据表计算可得奶牛体温均值  $M$  为  $38.87^\circ\text{C}$ , 在设定阈值  $38^\circ\text{C}$  与  $39.5^\circ\text{C}$  之间, 通过温度判断奶牛为健康状态, 则可得信号参数  $S_1=0$ 、 $S_2=1$ 、 $S_3=0$ 。将  $S_1, S_2, S_3, P_1, P_2, P_3$  代入逻辑函数  $Y = S_1 \cdot \bar{S}_2 \cdot \bar{S}_3 + \bar{S}_1 \cdot \bar{S}_2 \cdot S_3 \cdot P_1 \cdot \bar{P}_2 \cdot \bar{P}_3$  得出  $Y=0$ , 即可最终判断出奶牛的身体状态为健康。

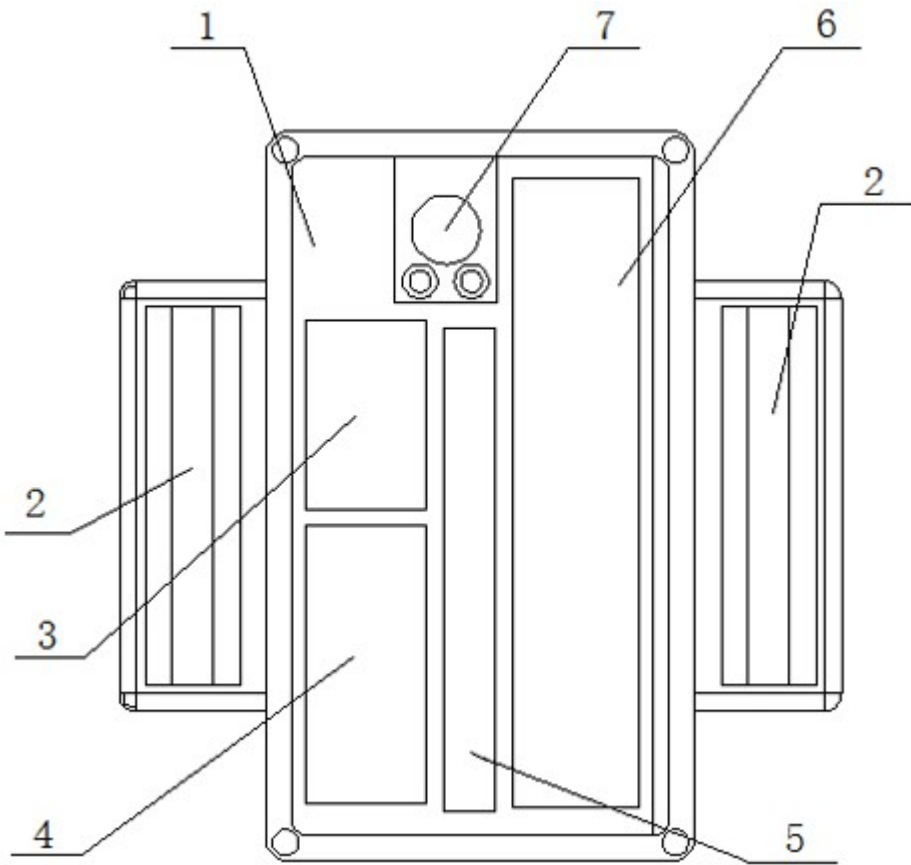


图1

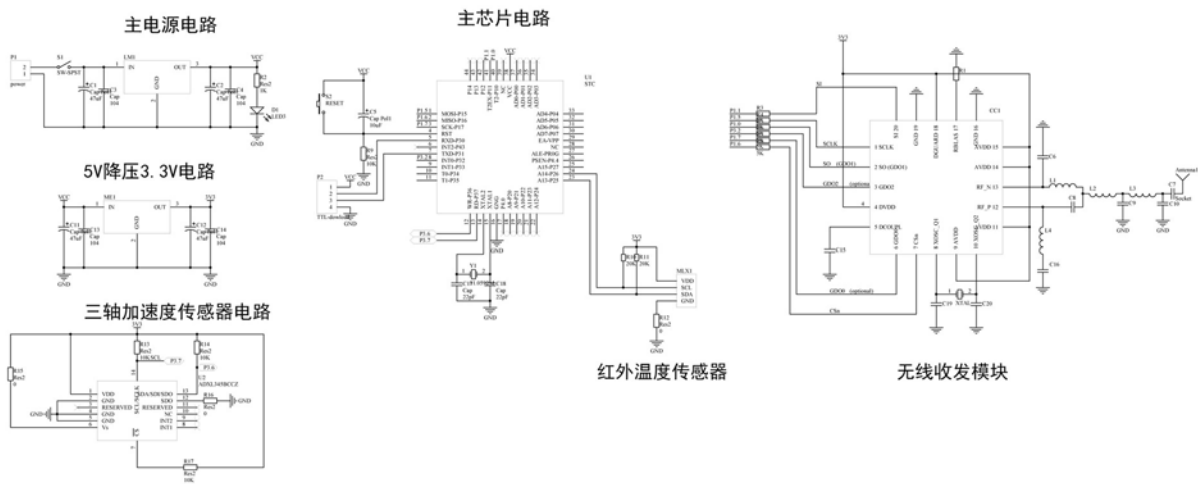


图2

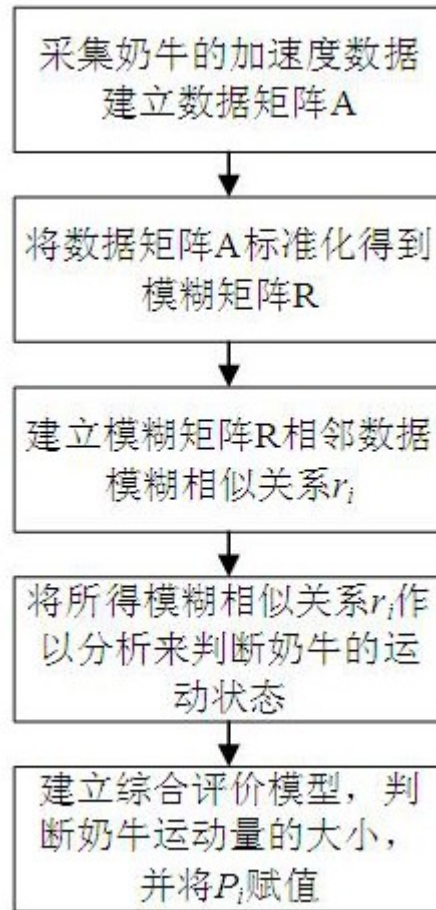


图3



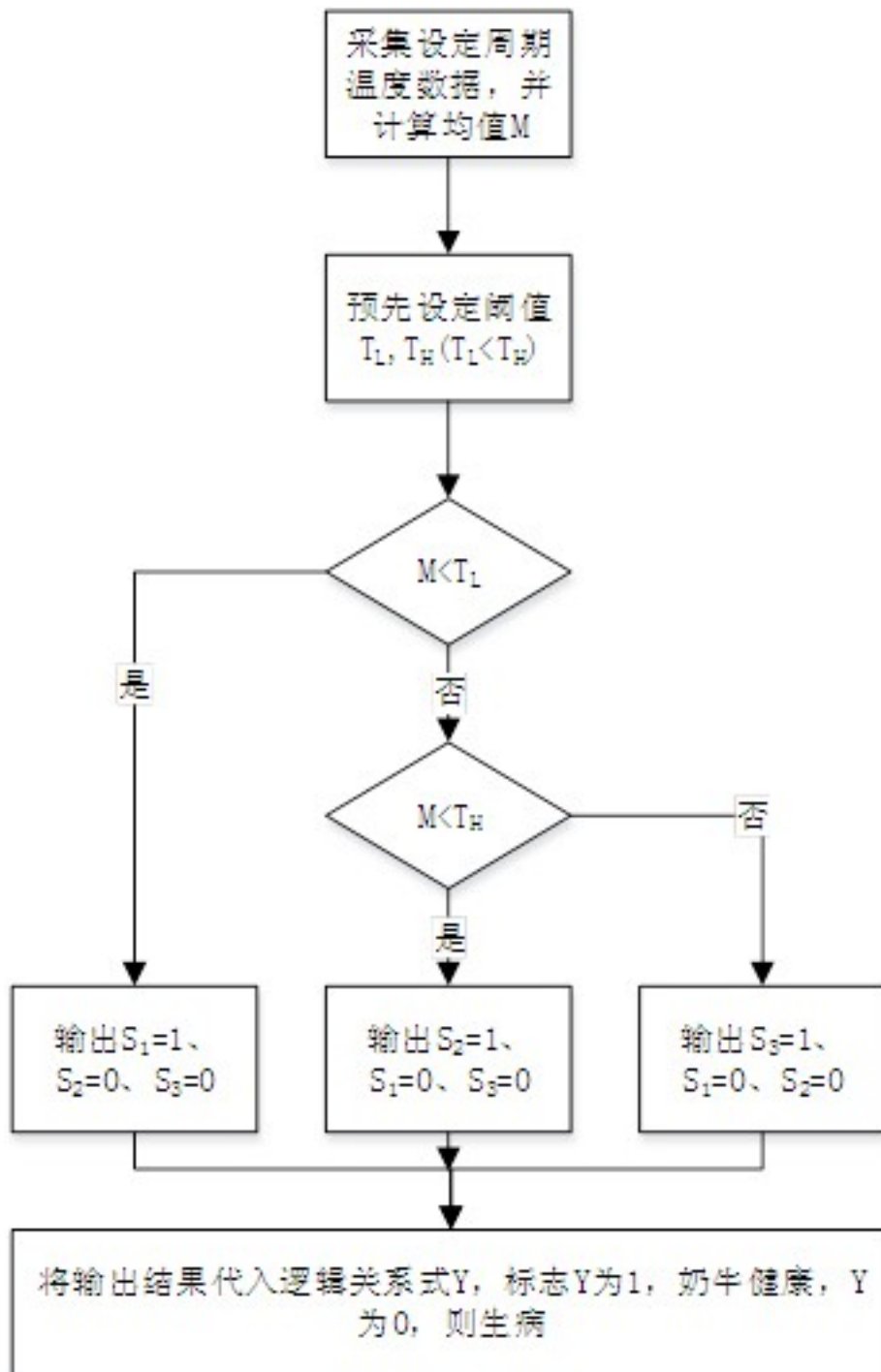


图4

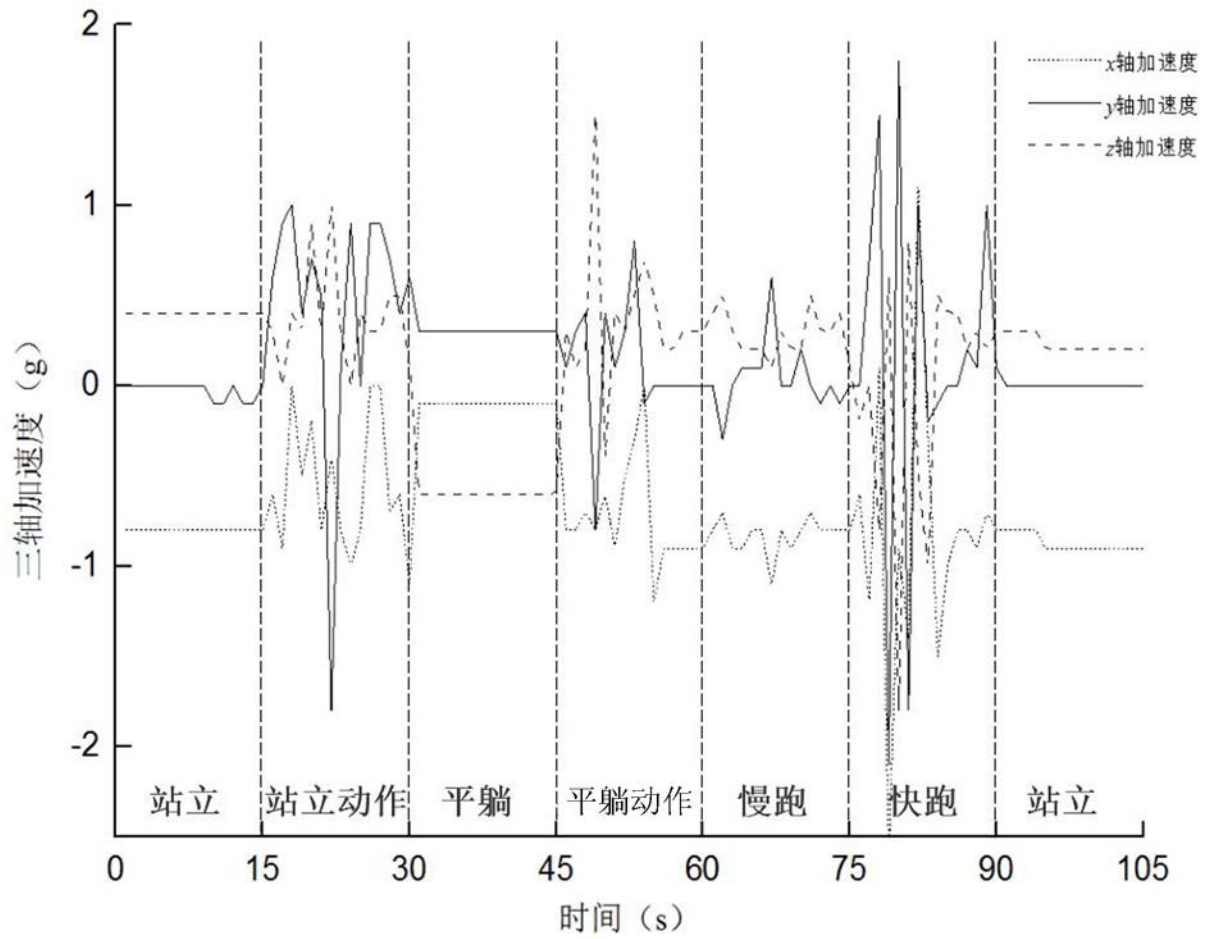


图5

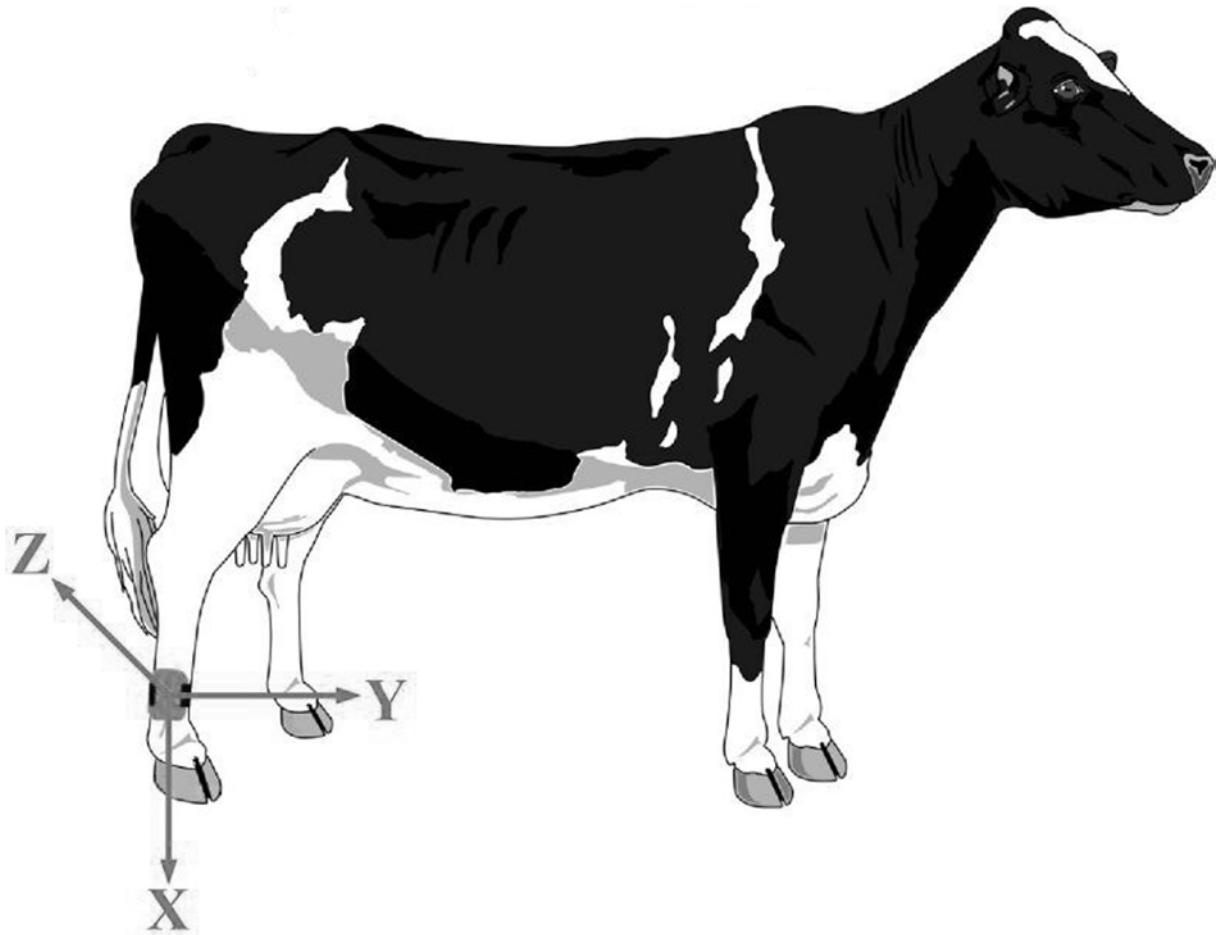


图6

专利名称(译)	一种奶牛健康状况检测方法及装置		
公开(公告)号	<a href="#">CN107714000A</a>	公开(公告)日	2018-02-23
申请号	CN2017111098737.1	申请日	2017-11-09
[标]申请(专利权)人(译)	河南科技大学		
申请(专利权)人(译)	河南科技大学		
当前申请(专利权)人(译)	河南科技大学		
[标]发明人	王俊 张海洋 陈豫 谭骥 李明勇 张亚丹		
发明人	王俊 张海洋 陈豫 谭骥 李明勇 张亚丹		
IPC分类号	A61B5/01 A61B5/11 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/01 A61B5/1118 A61B5/6802 A61B5/6828 A61B5/7235 A61B2503/40		
代理人(译)	陈佳丽		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

一种奶牛健康状况检测方法及装置，涉及畜牧业智能化管理领域，通过监测装置对奶牛的体温和三轴加速度进行采集，得到设定时间周期内奶牛的体温数据样本集和三轴加速度数据样本集，对数据样本集进行统计分析，将奶牛的温度与奶牛的运动状态相结合，通过逻辑编码实现奶牛健康状况的识别。本发明有益效果：本发明避免了单一方面判定带来的结果误差，增强了健康状况判定结果的准确性及可信性。

