



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 118566998 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 30

(21) 申请号 202411011750.9

G06F 18/213 (2023.01)

(22) 申请日 2024.07.26

G06F 18/24 (2023.01)

(71) 申请人 延安大学

G06F 18/25 (2023.01)

地址 716000 陕西省延安市宝塔区圣地路
580号(72) 发明人 高勇勇 马利军 高小荣 徐焕
黄求应 雷忻 李刚华 刘龙
高小鸽 张子焜 唐绪(74) 专利代理机构 北京万新知识产权代理有限
公司 16195

专利代理师 张慧

(51) Int. Cl.

G01V 11/00 (2006.01)

G01D 21/02 (2006.01)

G06N 3/08 (2023.01)

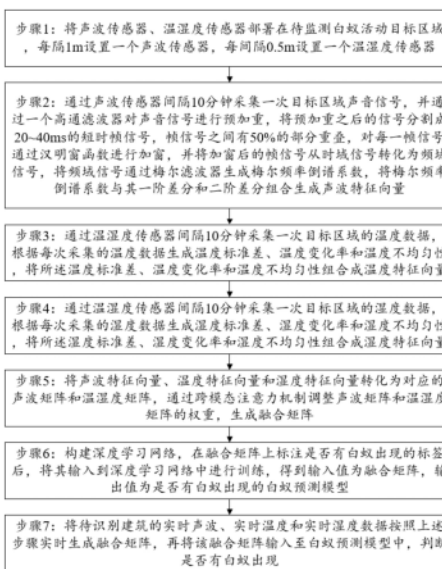
权利要求书5页 说明书14页 附图2页

(54) 发明名称

保护建筑的白蚁虫害监测方法及监测系统

(57) 摘要

本发明提供一种保护建筑的白蚁虫害监测方法及监测系统,涉及虫害防治技术领域,本发明利用声波传感器采集声波数据,计算出声波数据的梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分,生成声波特征向量;通过温湿度传感器采集温度数据和湿度数据,分别计算出温湿度对应的标准差、变化率和不均匀性,生成温度特征向量和湿度特征向量,通过跨模态处理技术,将特征向量转化为特征矩阵,并结合声波特征矩阵和温湿度特征矩阵生成融合矩阵,将融合矩阵作为输入值,是否有白蚁出现作为标签训练深度学习网络,通过训练好的深度学习网络根据实时输入的融合矩阵判断是否出现白蚁。本发明通过多模态传感器系统,结合声波、温度和湿度以及机器学习技术实现白蚁监测。



1. 一种保护建筑的白蚁虫害监测方法,其特征在于,具体步骤包括:

步骤1:将声波传感器、温湿度传感器部署在待监测白蚁活动目标区域,每隔1m设置一个声波传感器,每间隔0.5m设置一个温湿度传感器;

步骤2:通过声波传感器间隔10分钟采集一次目标区域声音信号,并通过一个高通滤波器对声音信号进行预加重,将预加重之后的信号分割成20~40ms的短时帧信号,帧信号之间有50%的部分重叠,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗,并将加窗后的帧信号从时域信号转化为频域信号,将频域信号通过梅尔滤波器生成梅尔频率倒谱系数,将梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分组合生成声波特征向量;

步骤3:通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的温度数据,根据每次采集的温度数据生成温度标准差、温度变化率和温度不均匀性,将所述温度标准差、温度变化率和温度不均匀性组合成温度特征向量;

步骤4:通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的湿度数据,根据每次采集的湿度数据生成湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性,将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量;

步骤5:将声波特征向量、温度特征向量和湿度特征向量转化为对应的声波矩阵和温湿度矩阵,通过跨模态注意力机制调整声波矩阵和温湿度矩阵的权重,生成融合矩阵;

步骤6:构建深度学习网络,在融合矩阵上标注是否有白蚁出现的标签后,将其输入到深度学习网络中进行训练,得到输入值为融合矩阵,输出值为是否有白蚁出现的白蚁预测模型;

步骤7:将待识别建筑的实时声波、实时温度和实时湿度数据按照上述步骤实时生成融合矩阵,再将该融合矩阵输入至白蚁预测模型中,判断是否有白蚁出现。

2. 根据权利要求1所述的一种保护建筑的白蚁虫害监测方法,其特征在于:所述步骤2中生成梅尔频率倒谱系数,将梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分组合生成声波特征向量所依据的原理为:

通过高通滤波器对声音信号进行预加重,所依据的公式为:

$$y(t) = \bar{x}(t) - \alpha \bar{x}(t-1);$$

其中, $y(t)$ 表示预加重之后的信号在时间 t 对应的值, $\bar{x}(t)$ 和 $\bar{x}(t-1)$ 分别表示去噪之后的信号在时间 t 和时间 $(t-1)$ 对应的值, α 表示预加重系数,且 $0.90 \leq \alpha \leq 0.97$, t 表示时间变量;

将预加重的信号分割成短时帧信号,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗所依据的公式为:

$$y(n) = \bar{y}(t) \cdot w(n);$$

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad 0 \leq n \leq N-1;$$

其中, $y(n)$ 表示对分割之后的帧信号进行加窗之后的结果, $\bar{y}(t)$ 表示分割之后的帧信号, t 表示时间变量, $w(n)$ 表示汉明窗函数, n 表示时间索引, N 表示帧长;

将加窗之后的帧信号从时域信号转换为频域信号所依据的公式为:

$$Z(k) = \sum_{n=0}^{N-1} y(n) \cdot e^{-j_0 \frac{2\pi}{N} kn};$$

其中, $Z(k)$ 表示频域信号, $y(n)$ 表示时域信号, N 表示帧长, j_0 表示虚数单位, k 表示频率索引,取值范围为 $[0, N-1]$, n 表示时间索引,取值范围为 $[0, N-1]$, e 表示自然对数的底数, π 表示圆周率;

对每个滤波器的能量输出取对数,生成对数能量,并对对数能量进行离散余弦变换,生成梅尔频率倒谱系数,所依据的公式为:

$$E(m) = \log \left(\sum_{k=0}^{N-1} |Z(k)|^2 H_m(k) \right);$$

$$c(z) = \sum_{m=1}^{M(z)} E(m) \cos \left[\frac{\pi z(m-0.5)}{Z} \right];$$

其中, $E(m)$ 表示第 m 个滤波器的对数能量, $Z(k)$ 表示频域信号, $H_m(k)$ 表示第 m 个梅尔滤波器的数值, k 表示频率索引, N 表示帧长, $c(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数, z 表示梅尔频率倒谱系数的索引,且 $z = 1, 2, 3, \dots, Z$, Z 表示梅尔频率倒谱系数的总个数, m 表示梅尔滤波器的索引, $M(z)$ 表示计算第 z 个梅尔频率倒谱系数所用到的滤波器个数,将滤波器总个数标定为 M ,且 $2 \leq M(z) \leq M$;

计算梅尔频率倒谱系数的一阶差分与二阶差分所依据的公式为:

$$\Delta c(z) = \frac{\sum_{r=-R}^R r \cdot c(z+r)}{2 \sum_{r=-R}^R r^2};$$

$$\Delta c^2(z) = \frac{\sum_{r=-R}^R r \cdot \Delta c(z+r)}{2 \sum_{r=-R}^R r^2};$$

其中, $\Delta c(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数的一阶差分, $c(z+r)$ 表示第 $z+r$ 个梅尔频率倒谱系数, $\Delta c^2(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数的二阶差分, $\Delta c(z+r)$ 表示第 $z+r$ 个梅尔频率倒谱系数的一阶差分, r 表示帧的偏移量, R 由差分窗口的大小确定,差分窗口的大小为 $(2R+1)$,通过实际应用场景确定具体的取值;

将梅尔频率倒谱系数、一阶差分、二阶差分组合成声波特征向量所依据的原理为:

$$u = (c(1), c(2), \dots, c(Z), \Delta c(1), \Delta c(2), \dots, \Delta c(Z), \Delta c^2(1), \Delta c^2(2), \dots, \Delta c^2(Z));$$

其中, u 表示声波特征向量。

3. 根据权利要求1所述的一种保护建筑的白蚁虫害监测方法,其特征在于:所述步骤3中将所述温度标准差、温度变化率和温度不均匀性组合成温度特征向量所依据的原理为:

生成温度标准差所依据的公式为:

$$\bar{T} = \frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y T_{ij};$$

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (T_{ij} - \bar{T})^2};$$

其中, $\bar{T}$ 表示同一温湿度传感器不同时间段采集的平均温度值, X 表示温湿度传感器的数量, Y 表示一天内采集时间的数量, i 表示温湿度传感器编号的索引, j 表示采集时间的索引, T_{ij} 表示第 i 个温湿度传感器在第 j 个采集时间采集的温度值, σ_T 表示温度标准差;

生成温度变化率所依据的公式为:

$$\begin{aligned}\bar{T}_j &= \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X T_{ij}; \\ \bar{T}_{j-1} &= \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X T_{i,j-1}; \\ r_T &= \frac{1}{Y} \cdot \sum_{j=1}^Y \frac{\bar{T}_j - \bar{T}_{j-1}}{\Delta t};\end{aligned}$$

其中, r_T 表示温度变化率, $\bar{T}_j$ 和 $\bar{T}_{j-1}$ 分别表示所有温湿度传感器在第 j 个和第 $j-1$ 个采集时间采集的平均温度值, $T_{i,j-1}$ 表示第 i 个温湿度传感器在第 $j-1$ 个采集时间采集的温度值, Δt 表示两次采集之间的时间间隔;

生成温度不均匀性所依据的公式为:

$$H_j = \frac{\sum_{i=1}^X (T_{ij} - \bar{T}_j)^2}{X};$$

其中, H_j 表示第 j 个采集时间的温度不均匀性;

组合的温度特征向量为:

$$v = (\sigma_T, r_T, H_1, H_2, \dots, H_Y);$$

其中, v 表示温度特征向量, σ_T 表示温度标准差, r_T 表示温度变化率, H_Y 表示第 Y 个采集时间的温度不均匀性。

4. 根据权利要求1所述的一种保护建筑的白蚁虫害监测方法, 其特征在于: 所述步骤4中将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量所依据的原理为:

生成湿度标准差所依据的公式为:

$$\begin{aligned}\bar{W} &= \frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y W_{ij}; \\ \sigma_W &= \sqrt{\frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (W_{ij} - \bar{W})^2};\end{aligned}$$

其中, $\bar{W}$ 表示同一温湿度传感器在不同时间段采集的平均湿度值, X 表示温湿度传感器的数量, Y 表示一天内采集时间的数量, i 表示温湿度传感器的索引, j 表示采集时间的索引,

w_{ij} 表示第*i*个温湿度传感器在第*j*个采集时间采集的湿度值, σ_w 表示湿度标准差;

生成湿度变化率所依据的公式为:

$$\begin{aligned}\overline{w_j} &= \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X w_{ij}; \\ \overline{w_{j-1}} &= \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X w_{i,j-1}; \\ r_w &= \frac{1}{Y} \cdot \sum_{j=1}^Y \frac{\overline{w_j} - \overline{w_{j-1}}}{\Delta t};\end{aligned}$$

其中, r_w 表示湿度变化率, $\overline{w_j}$ 和 $\overline{w_{j-1}}$ 分别表示所有温湿度传感器在第*j*个和第*j-1*个采集时间采集的平均湿度值, $w_{i,j-1}$ 表示第*i*个温湿度传感器在第*j-1*个采集时间采集的湿度值, Δt 表示两次采集之间的时间间隔;

生成湿度不均匀性所依据的公式为:

$$L_j = \frac{\sum_{i=1}^X (w_{ij} - \overline{w_j})^2}{X};$$

其中, L_j 表示第*j*个时间段的湿度不均匀性;

组合的湿度特征向量为:

$$y = (\sigma_w, r_w, L_1, L_2, \dots, L_Y);$$

其中, y 表示湿度特征向量, σ_w 表示湿度标准差, r_w 表示湿度变化率, L_Y 表示第*Y*个采集时间的湿度不均匀性。

5. 根据权利要求1所述的一种保护建筑的白蚁虫害监测方法,其特征在于:所述步骤5中生成融合矩阵所依据的原理为:

将声波特征向量转化为一个 $(1 \times 3Z)$ 的矩阵,可表示为:

$$V = [c(1), c(2), \dots, c(Z), \Delta c(1), \Delta c(2), \dots, \Delta c(Z), \Delta c^2(1), \Delta c^2(2), \dots, \Delta c^2(Z)];$$

其中, V 表示声波特征矩阵;

组合温度特征向量和湿度特征向量,转化为一个 $(2Y + 4) \times 1$ 的温湿度特征矩阵,可表示为:

$$U = [\sigma_T, r_T, H_1, H_2, \dots, H_Y, \sigma_w, r_w, L_1, L_2, \dots, L_Y];$$

其中, U 表示温湿度特征矩阵, σ_T 表示温度标准差, r_T 表示温度变化率, H_Y 表示温度不均匀性, σ_w 表示湿度标准差, r_w 表示湿度变化率, L_Y 表示湿度不均匀性;

在声波特征矩阵和温湿度特征矩阵中截取相同的元素数量,生成二者的相似度,所依据的公式为:

$$S_{o,p} = V_o \cdot U_p;$$

其中, $S_{o,p}$ 表示对应的声波特征矩阵和温湿度特征矩阵元素的相似度, V_o 表示声波特征矩阵的第*o*列的元素, o 表示声波特征矩阵中的元素列数索引,且 $o = 1, 2, 3, \dots, 3Z$, U_p 表示

温湿度特征矩阵的第 p 行的元素, p 表示温湿度特征矩阵中的元素行数索引,且 $p = 1, 2, 3, \dots, 2Y + 4$;

将所有计算出的相似度值依次排列,组成一个矩阵 S ,所述矩阵 S 表示声波特征矩阵和温湿度特征矩阵之间的相关性矩阵;

根据相关性矩阵生成注意力权重,所依据的公式为:

$$B_v = \text{softmax}(S);$$

$$B_u = \text{softmax}(S^T);$$

其中, B_v 表示声波特征的注意力权重, B_u 表示温湿度特征的注意力权重, S 表示相关性矩阵, S^T 表示相关性矩阵的转置矩阵;

通过计算生成的注意力权重进行特征融合,生成融合矩阵,所依据的公式为:

$$D = B_v \cdot V + B_u \cdot U;$$

其中, D 表示融合矩阵, B_v 表示声波特征的注意力权重, V 表示声波特征矩阵, B_u 表示温湿度特征矩阵的注意力权重, U 表示温湿度特征矩阵。

6.一种保护建筑的白蚁虫害监测系统,其特征在于:所述系统用于实现权利要求1~5任一项所述的保护建筑的白蚁虫害监测方法,包括:

传感器部署模块,用于将声波传感器、温湿度传感器部署在待监测白蚁活动目标区域,每隔1m设置一个声波传感器,每间隔0.5m设置一个温湿度传感器;

声波采集处理模块,用于通过声波传感器间隔10分钟采集一次目标区域声音信号,并通过一个高通滤波器对声音信号进行预加重,将预加重之后的信号分割成20~40ms的短时帧信号,帧信号之间有50%的部分重叠,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗,并将加窗后的帧信号从时域信号转化为频域信号,将频域信号通过梅尔滤波器生成梅尔频率倒谱系数,将梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分组合生成声波特征向量;

温度采集处理模块,用于通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的温度数据,根据每次采集的温度数据生成温度标准差、温度变化率和温度不均匀性,将所述温度标准差、温度变化率和温度不均匀性组合成温度特征向量;

湿度采集处理模块,用于通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的湿度数据,根据每次采集的湿度数据生成湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性,将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量;

特征融合模块,用于将声波特征向量、温度特征向量和湿度特征向量转化为对应的声波矩阵和温湿度矩阵,通过跨模态注意力机制调整声波矩阵和温湿度矩阵的权重,生成融合矩阵;

模型构建模块,用于构建深度学习网络,在融合矩阵上标注是否有白蚁出现的标签后,将其输入到深度学习网络中进行训练,得到输入值为融合矩阵,输出值为是否有白蚁出现的白蚁预测模型;

综合判断模块,用于将待识别建筑的实时声波、实时温度和实时湿度数据按照上述步骤实时生成融合矩阵,再将该融合矩阵输入至白蚁预测模型中,判断是否有白蚁出现。

保护建筑的白蚁虫害监测方法及监测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及虫害防治技术领域,具体为一种保护建筑的白蚁虫害监测方法及监测系统。

背景技术

[0002] 在白蚁虫害监测领域,及时和准确地检测白蚁的存在对于保护建筑结构安全至关重要。传统的监测技术通常依赖于化学诱捕和人工巡查,这些方法不仅耗时耗力,而且效率低下,难以实现实时监控和早期预警。同时,早期的电子监测系统通常只依赖于单一类型的传感器,限制了监测的准确性,因此,需要设计一种全面、高效和实时的白蚁监测系统。

[0003] 现有技术中的,公开号为CN110992389A公开了一种白蚁监测方法、装置及存储装置,通过获取白蚁监测视频中的当前图像帧以及上一图像帧之间的差分图像,然后检测该图像中的连通域,并统计连通域的数量,基于统计的连通域数量计算当前图像帧中的白蚁数量,将白蚁数量与预设阈值进行比较,当监测到当前图像帧中的白蚁数量大于预设阈值时,向监控中心发出警报。

[0004] 上述方法存在的主要问题是:环境适用性较差,图像处理技术高度依赖于光照条件,如果光线不足或光线变化频繁,监测会受到显著影响,如果白蚁被物体遮挡,或存在其他移动的物体,导致无法准确区分白蚁和其他物体,可能会将非白蚁活动也认为是白蚁;白蚁可能会堆叠在一起,导致多个白蚁在图像中呈现为一个大的连通域,使得实际的白蚁数量被低估。因此,仅仅依赖图像处理技术进行白蚁监测是不够准确的。

[0005] 在所述背景技术部分公开的上述信息仅用于加强对本公开的背景的理解,因此它可以包括不构成对本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种保护建筑的白蚁虫害监测方法及监测系统,以解决上述背景技术中提出的技术问题。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

一种保护建筑的白蚁虫害监测方法,具体步骤包括:

步骤1:将声波传感器、温湿度传感器部署在待监测白蚁活动目标区域,每隔1m设置一个声波传感器,每间隔0.5m设置一个温湿度传感器;

步骤2:通过声波传感器间隔10分钟采集一次目标区域声音信号,并通过一个高通滤波器对声音信号进行预加重,将预加重之后的信号分割成20~40ms的短时帧信号,帧信号之间有50%的部分重叠,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗,并将加窗后的帧信号从时域信号转化为频域信号,将频域信号通过梅尔滤波器生成梅尔频率倒谱系数,将梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分组合生成声波特征向量;

步骤3:通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的温度数据,根据每次采集的温度数据生成温度标准差、温度变化率和温度不均匀性,将所述温度标准差、温度变化

率和温度不均匀性组合成温度特征向量；

步骤4:通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的湿度数据,根据每次采集的湿度数据生成湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性,将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量；

步骤5:将声波特征向量、温度特征向量和湿度特征向量转化为对应的声波矩阵和温湿度矩阵,通过跨模态注意力机制调整声波矩阵和温湿度矩阵的权重,生成融合矩阵；

步骤6:构建深度学习网络,在融合矩阵上标注是否有白蚁出现的标签后,将其输入到深度学习网络中进行训练,得到输入值为融合矩阵,输出值为是否有白蚁出现的白蚁预测模型；

步骤7:将待识别建筑的实时声波、实时温度和实时湿度数据按照上述步骤实时生成融合矩阵,再将该融合矩阵输入至白蚁预测模型中,判断是否有白蚁出现。

[0008] 进一步地,生成梅尔频率倒谱系数,将梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分组合生成声波特征向量所依据的原理为:

通过高通滤波器对声音信号进行预加重,所依据的公式为:

$$y(t) = \bar{x}(t) - \alpha \bar{x}(t-1);$$

其中, $y(t)$ 表示预加重之后的信号在时间 t 对应的值, $\bar{x}(t)$ 和 $\bar{x}(t-1)$ 分别表示去噪之后的信号在时间 t 和时间 $(t-1)$ 对应的值, α 表示预加重系数,且 $0.90 \leq \alpha \leq 0.97$, t 表示时间变量;

将预加重的信号分割成短时帧信号,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗所依据的公式为:

$$y(n) = \bar{y}(t) \cdot w(n);$$

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad 0 \leq n \leq N-1;$$

其中, $y(n)$ 表示对分割之后的帧信号进行加窗之后的结果, $\bar{y}(t)$ 表示分割之后的帧信号, t 表示时间变量, $w(n)$ 表示汉明窗函数, n 表示时间索引, N 表示帧长;

将加窗之后的帧信号从时域信号转换为频域信号所依据的公式为:

$$Z(k) = \sum_{n=0}^{N-1} y(n) \cdot e^{-j_0 \frac{2\pi}{N} kn};$$

其中, $Z(k)$ 表示频域信号, $y(n)$ 表示时域信号, N 表示帧长, j_0 表示虚数单位, k 表示频率索引,取值范围为 $[0, N-1]$, n 表示时间索引,取值范围为 $[0, N-1]$, e 表示自然对数的底数, π 表示圆周率;

对每个滤波器的能量输出取对数,生成对数能量,并对对数能量进行离散余弦变换,生成梅尔频率倒谱系数,所依据的公式为:

$$E(m) = \log\left(\sum_{k=0}^{N-1} |Z(k)|^2 H_m(k)\right);$$

$$c(z) = \sum_{m=1}^{M(z)} E(m) \cos \left[\frac{\pi z(m-0.5)}{Z} \right];$$

其中, $E(m)$ 表示第 m 个滤波器的对数能量, $Z(k)$ 表示频域信号, $H_m(k)$ 表示第 m 个梅尔滤波器的数值, k 表示频率索引, N 表示帧长, $c(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数, z 表示梅尔频率倒谱系数的索引, 且 $z = 1, 2, 3, \dots, Z$, Z 表示梅尔频率倒谱系数的总个数, m 表示梅尔滤波器的索引, $M(z)$ 表示计算第 z 个梅尔频率倒谱系数所用到的滤波器个数, 将滤波器总个数标定为 M , 且 $2 \leq M(z) \leq M$;

计算梅尔频率倒谱系数的一阶差分与二阶差分所依据的公式为:

$$\Delta c(z) = \frac{\sum_{r=-R}^R r \cdot c(z+r)}{2 \sum_{r=-R}^R r^2};$$

$$\Delta c^2(z) = \frac{\sum_{r=-R}^R r \cdot \Delta c(z+r)}{2 \sum_{r=-R}^R r^2};$$

其中, $\Delta c(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数的一阶差分, $c(z+r)$ 表示第 $z+r$ 个梅尔频率倒谱系数, $\Delta c^2(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数的二阶差分, $\Delta c(z+r)$ 表示第 $z+r$ 个梅尔频率倒谱系数的一阶差分, r 表示帧的偏移量, R 由差分窗口的大小确定, 差分窗口的大小为 $(2R+1)$, 通过实际应用场景确定具体的取值;

将梅尔频率倒谱系数、一阶差分、二阶差分组合成声波特征向量所依据的原理为:

$$u = (c(1), c(2), \dots, c(Z), \Delta c(1), \Delta c(2), \dots, \Delta c(Z), \Delta c^2(1), \Delta c^2(2), \dots, \Delta c^2(Z));$$

其中, u 表示声波特征向量。

[0009] 进一步地, 将所述温度标准差、温度变化率和温度不均匀性组合成温度特征向量所依据的原理为:

生成温度标准差所依据的公式为:

$$\bar{T} = \frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y T_{ij};$$

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (T_{ij} - \bar{T})^2};$$

其中, $\bar{T}$ 表示同一温湿度传感器不同时间段采集的平均温度值, X 表示温湿度传感器的数量, Y 表示一天内采集时间的数量, i 表示温湿度传感器编号的索引, j 表示采集时间的索引, T_{ij} 表示第 i 个温湿度传感器在第 j 个采集时间采集的温度值, σ_T 表示温度标准差;

生成温度变化率所依据的公式为:

$$\bar{T}_j = \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X T_{ij};$$

$$\overline{T_{j-1}} = \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X T_{i,j-1};$$

$$r_T = \frac{1}{Y} \cdot \sum_{j=1}^Y \frac{\overline{T_j} - \overline{T_{j-1}}}{\Delta t};$$

其中, r_T 表示温度变化率, $\overline{T_j}$ 和 $\overline{T_{j-1}}$ 分别表示所有温湿度传感器在第 j 个和第 $j-1$ 个采集时间采集的平均温度值, $T_{i,j-1}$ 表示第 i 个温湿度传感器在第 $j-1$ 个采集时间采集的温度值, Δt 表示两次采集之间的时间间隔;

生成温度不均匀性所依据的公式为:

$$H_j = \frac{\sum_{i=1}^X (T_{ij} - \overline{T_j})^2}{X};$$

其中, H_j 表示第 j 个采集时间的温度不均匀性;

组合的温度特征向量为:

$$v = (\sigma_T, r_T, H_1, H_2, \dots, H_Y);$$

其中, v 表示温度特征向量, σ_T 表示温度标准差, r_T 表示温度变化率, H_Y 表示第 Y 个采集时间的温度不均匀性。

[0010] 进一步地, 将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量所依据的原理为:

生成湿度标准差所依据的公式为:

$$\overline{W} = \frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y W_{ij};$$

$$\sigma_W = \sqrt{\frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (W_{ij} - \overline{W})^2};$$

其中, $\overline{W}$ 表示同一温湿度传感器在不同时间段采集的平均湿度值, X 表示温湿度传感器的数量, Y 表示一天内采集时间的数量, i 表示温湿度传感器的索引, j 表示采集时间的索引, W_{ij} 表示第 i 个温湿度传感器在第 j 个采集时间采集的湿度值, σ_W 表示湿度标准差;

生成湿度变化率所依据的公式为:

$$\overline{W_j} = \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X W_{ij};$$

$$\overline{W_{j-1}} = \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X W_{i,j-1};$$

$$r_W = \frac{1}{Y} \cdot \sum_{j=1}^Y \frac{\overline{W_j} - \overline{W_{j-1}}}{\Delta t};$$

其中, r_W 表示湿度变化率, $\overline{W_j}$ 和 $\overline{W_{j-1}}$ 分别表示所有温湿度传感器在第 j 个和第 $j-1$ 个采集时间采集的平均湿度值, $W_{i,j-1}$ 表示第 i 个温湿度传感器在第 $j-1$ 个采集时间采集的湿度值, Δt 表示两次采集之间的时间间隔;

生成湿度不均匀性所依据的公式为:

$$L_j = \frac{\sum_{i=1}^X (W_{ij} - \overline{W_j})^2}{X};$$

其中, L_j 表示第 j 个时间段的湿度不均匀性;

组合的湿度特征向量为:

$$y = (\sigma_W, r_W, L_1, L_2, \dots, L_Y);$$

其中, y 表示湿度特征向量, σ_W 表示湿度标准差, r_W 表示湿度变化率, L_Y 表示第 Y 个采集时间的湿度不均匀性。

[0011] 进一步地,生成融合矩阵所依据的原理为:

将声波特征向量转化为一个 $(1 \times 3Z)$ 的矩阵,可表示为:

$$V = [c(1), c(2), \dots, c(Z), \Delta c(1), \Delta c(2), \dots, \Delta c(Z), \Delta c^2(1), \Delta c^2(2), \dots, \Delta c^2(Z)];$$

其中, V 表示声波特征矩阵;

组合温度特征向量和湿度特征向量,转化为一个 $(2Y + 4) \times 1$ 的温湿度特征矩阵,可表示为:

$$U = [\sigma_T, r_T, H_1, H_2, \dots, H_Y, \sigma_W, r_W, L_1, L_2, \dots, L_Y];$$

其中, U 表示温湿度特征矩阵, σ_T 表示温度标准差, r_T 表示温度变化率, H_Y 表示温度不均匀性, σ_W 表示湿度标准差, r_W 表示湿度变化率, L_Y 表示湿度不均匀性;

在声波特征矩阵和温湿度特征矩阵中截取相同的元素数量,生成二者的相似度,所依据的公式为:

$$S_{o,p} = V_o \cdot U_p;$$

其中, $S_{o,p}$ 表示对应的声波特征矩阵和温湿度特征矩阵元素的相似度, V_o 表示声波特征矩阵的第 o 列的元素, o 表示声波特征矩阵中的元素列数索引,且 $o = 1, 2, 3, \dots, 3Z$, U_p 表示温湿度特征矩阵的第 p 行的元素, p 表示温湿度特征矩阵中的元素行数索引,且 $p = 1, 2, 3, \dots, 2Y + 4$;

将所有计算出的相似度值依次排列,组成一个矩阵 S ,所述矩阵 S 表示声波特征矩阵和温湿度特征矩阵之间的相关性矩阵;

根据相关性矩阵生成注意力权重,所依据的公式为:

$$B_v = \text{softmax}(S);$$

$$B_u = \text{softmax}(S^T);$$

其中, B_v 表示声波特征的注意力权重, B_u 表示温湿度特征的注意力权重, S 表示相关性矩阵, S^T 表示相关性矩阵的转置矩阵;

通过计算生成的注意力权重进行特征融合,生成融合矩阵,所依据的公式为:

$$D = B_v \cdot V + B_u \cdot U;$$

其中, D 表示融合矩阵, B_v 表示声波特征的注意力权重, V 表示声波特征矩阵, B_u 表示温湿度特征矩阵的注意力权重, U 表示温湿度特征矩阵。

[0012] 本发明还提供一种保护建筑的白蚁虫害监测系统,所述系统用于实现上述保护建筑的白蚁虫害监测方法,包括:

传感器部署模块,用于将声波传感器、温湿度传感器部署在待监测白蚁活动目标区域,每隔1m设置一个声波传感器,每间隔0.5m设置一个温湿度传感器;

声波采集处理模块,用于通过声波传感器间隔10分钟采集一次目标区域声音信号,并通过一个高通滤波器对声音信号进行预加重,将预加重之后的信号分割成20~40ms的短时帧信号,帧信号之间有50%的部分重叠,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗,并将加窗后的帧信号从时域信号转化为频域信号,将频域信号通过梅尔滤波器生成梅尔频率倒谱系数,将梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分组合生成声波特征向量;

温度采集处理模块,用于通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的温度数据,根据每次采集的温度数据生成温度标准差、温度变化率和温度不均匀性,将所述温度标准差、温度变化率和温度不均匀性组合成温度特征向量;

湿度采集处理模块,用于通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的湿度数据,根据每次采集的湿度数据生成湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性,将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量;

特征融合模块,用于将声波特征向量、温度特征向量和湿度特征向量转化为对应的声波矩阵和温湿度矩阵,通过跨模态注意力机制调整声波矩阵和温湿度矩阵的权重,生成融合矩阵;

模型构建模块,用于构建深度学习网络,在融合矩阵上标注是否有白蚁出现的标签后,将其输入到深度学习网络中进行训练,得到输入值为融合矩阵,输出值为是否有白蚁出现的白蚁预测模型;

综合判断模块,用于将待识别建筑的实时声波、实时温度和实时湿度数据按照上述步骤实时生成融合矩阵,再将该融合矩阵输入至白蚁预测模型中,判断是否有白蚁出现。

[0013] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

本发明利用声波传感器采集声波数据,将声波数据处理为梅尔频率倒谱系数,根据梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分生成声波特征向量,在降低了声音信号维度的同时保留了原始声波信号的主要特征,包括音调、音色,能够对白蚁活动的声波进行较准确的区分;利用温湿度传感器定期采集温度数据和湿度数据,通过同一传感器在不同时间采集的数据生成温湿度标准差和变化率,通过同一时间不同传感器采集的数据生成温湿度不均匀度,一方面考虑了同一时间不同区域的温湿度变化,另一方面考虑了同一区域不同时间的温湿度变化,使得白蚁监测更加准确,生成温度特征向量和湿度特征向量,通过跨模态注意力机制,结合三种特征向量,生成对应的声波特征矩阵和温湿度特征矩阵,计算出特征矩阵对应的权重后生成能够判断是否有白蚁出现的融合矩阵,将传感器实时采集的数据导入到训练好的深度学习网络中,生成融合矩阵来判断是否有白蚁出现。通过采用多模态传感器系统,结合声波、温度和湿度以及机器学习技术,实现对白蚁活动的高效精确监测以及早期预警。

附图说明

[0014] 图1为本发明实施例方法流程示意图；
图2为本发明实施例系统模块示意图。

具体实施方式

[0015] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,对本发明进一步详细说明。

[0016] 需要说明的是,除非另外定义,本发明使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明中使用的“第一”“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同,而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接,而是可以包括电性的连接,不管是直接的还是间接的。“上”“下”“左”“右”等仅用于表示相对位置关系,当被描述对象的绝对位置改变后,则该相对位置关系也可能相应地改变。

[0017] 实施例:

请参阅图1,本发明提供一种技术方案:

一种保护建筑的白蚁虫害监测方法,具体步骤包括:

步骤1:将声波传感器、温湿度传感器部署在待监测白蚁活动目标区域,每隔1m设置一个声波传感器,每间隔0.5m设置一个温湿度传感器;

本实施例中,所述声波传感器型号为:MaxBotix MB7066;

所述温湿度传感器型号为:DHT22。

[0018] 步骤2:通过声波传感器间隔10分钟采集一次目标区域声音信号,并通过一个高通滤波器对声音信号进行预加重,将预加重之后的信号分割成20~40ms的短时帧信号,帧信号之间有50%的部分重叠,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗,并将加窗后的帧信号从时域信号转化为频域信号,将频域信号通过梅尔滤波器生成梅尔频率倒谱系数,将梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分组合生成声波特征向量;

本实施例中,通过高通滤波器对声音信号进行预加重,所依据的公式为:

$$y(t) = \bar{x}(t) - \alpha \bar{x}(t-1);$$

其中, $y(t)$ 表示预加重之后的信号在时间 t 对应的值, $\bar{x}(t)$ 和 $\bar{x}(t-1)$ 分别表示去噪之后的信号在时间 t 和时间 $(t-1)$ 对应的值, α 表示预加重系数,且 $0.90 \leq \alpha \leq 0.97$, t 表示时间变量;

预加重之后的信号反映了对原始信号的增强效果,常见的预加重系数取值为0.90~0.97,预加重系数越大,高频增强效果越明显,预加重系数越小,高频增强效果越微弱,预加重信号应该接近1并且小于1,如果大于1,导致高频部分增益过多,引入过多噪声,如果太小,预加重效果不明显,不能有效地平衡频谱,因此预加重的取值在0.9~0.97之间,预加重之后的信号与预加重系数成正比,与原始信号强度成正比。

[0019] 将预加重的信号分割成短时帧信号,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗所依据的公式为:

$$y(n) = \bar{y}(t) \cdot w(n);$$

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad 0 \leq n \leq N-1;$$

其中, $y(n)$ 表示对分割之后的帧信号进行加窗之后的结果, $\bar{y}(t)$ 表示分割之后的帧信号, t 表示时间变量, $w(n)$ 表示汉明窗函数, n 表示时间索引, N 表示帧长;

对信号进行加窗,减少了信号两段的不连续性,使得信号的频谱表示更加清晰,并更加集中在信号的实际频率成分上,窗函数选择汉明窗的目的是:有效降低频谱泄露,并在时域和频域性能之间提供一个较好的平衡,减少旁瓣幅度的同时保持合理的主瓣宽度。

[0020] 将加窗之后的帧信号从时域信号转换为频域信号所依据的公式为:

$$Z(k) = \sum_{n=0}^{N-1} y(n) \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}kn};$$

其中, $Z(k)$ 表示频域信号, $y(n)$ 表示时域信号, N 表示帧长, j 表示虚数单位, k 表示频率索引,取值范围为 $[0, N-1]$, n 表示时间索引,取值范围为 $[0, N-1]$, e 表示自然对数的底数, π 表示圆周率;

使用傅里叶变换将时域信号转换为频域信号,反映了时域信号在各个频率索引上的分布,随着频率索引 k 增加,意味着时域信号与一个更快的振荡波形相乘,直接影响频域表示中对应频率成分的幅度和相位,频域分量与频率索引成反比,与输入的信号样本成正比。

[0021] 对每个滤波器的能量输出取对数,生成对数能量,并对对数能量进行离散余弦变换,生成梅尔频率倒谱系数,所依据的公式为:

$$E(m) = \log\left(\sum_{k=0}^{N-1} |Z(k)|^2 H_m(k)\right);$$

$$c(z) = \sum_{m=1}^{M(z)} E(m) \cos\left[\frac{\pi z(m-0.5)}{Z}\right];$$

其中, $E(m)$ 表示第 m 个滤波器的对数能量, $Z(k)$ 表示频域信号, $H_m(k)$ 表示第 m 个梅尔滤波器的数值, k 表示频率索引, N 表示帧长, $c(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数, z 表示梅尔频率倒谱系数的索引,且 $z = 1, 2, 3, \dots, Z$, Z 表示梅尔频率倒谱系数的总个数,且 $Z = 13$, m 表示梅尔滤波器的索引, $M(z)$ 表示计算第 z 个梅尔频率倒谱系数所用到的滤波器个数,将滤波器总个数标定为 M ,且 $2 \leq M(z) \leq M$,且 $M = 30$;

计算梅尔频率倒谱系数的一阶差分与二阶差分所依据的公式为:

$$\Delta c(z) = \frac{\sum_{r=-R}^R r \cdot c(z+r)}{2 \sum_{r=-R}^R r^2};$$

$$\Delta c^2(z) = \frac{\sum_{r=-R}^R r \cdot \Delta c(z+r)}{2 \sum_{r=-R}^R r^2};$$

其中, $\Delta c(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数的一阶差分, $c(z+r)$ 表示第 $z+r$ 个梅尔

频率倒谱系数, $\Delta c^2(z)$ 表示第 z 个梅尔频率倒谱系数的二阶差分, $\Delta c(z+r)$ 表示第 $z+r$ 个梅尔频率倒谱系数的一阶差分, r 表示帧的偏移量, R 由差分窗口的大小确定, 差分窗口的大小为 $(2R+1)$, 通过实际应用场景确定具体的取值;

将梅尔频率倒谱系数、一阶差分、二阶差分组合成声波特征向量所依据的原理为:

$$u = (c(1), c(2), \dots, c(Z), \Delta c(1), \Delta c(2), \dots, \Delta c(Z), \Delta c^2(1), \Delta c^2(2), \dots, \Delta c^2(Z));$$

其中, u 表示声波特征向量。

[0022] 梅尔频率倒谱系数反映了语音信号与人耳听觉感知相匹配的频谱特性, 通过梅尔尺度上的滤波器组来反映人耳听觉对频率的非线性感知, 在低频区域, 梅尔尺度上的频率分辨率较高, 在高频区域分辨率较低, 梅尔频率倒谱系数与梅尔滤波器的对数能量大小成正比, 与梅尔滤波器的数量成正比;

梅尔频率的一阶差分表示速度特征, 即梅尔频率倒谱系数随时间的变化率, 反映了语音信号的动态变换, 二阶差分表示加速的特征, 即梅尔频率倒谱系数的一阶差分随时间的变化率, 能够捕捉到语音信号更细微的变换, 将梅尔频率倒谱系数、梅尔频率倒谱系数的一阶差分和梅尔频率倒谱系数的二阶差分进行组合生成特征向量, 能够及时捕捉到语音信号中快速变化的动态特征, 从而提高语音识别的准确性和鲁棒性。

[0023] 步骤3: 通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的温度数据, 根据每次采集的温度数据生成温度标准差、温度变化率和温度不均匀性, 将所述温度标准差、温度变化率和温度不均匀性组合成温度特征向量;

本实施例中, 将所述温度标准差、温度变化率和温度不均匀性组合成温度特征向量所依据的原理为:

生成温度标准差所依据的公式为:

$$\bar{T} = \frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y T_{ij};$$

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (T_{ij} - \bar{T})^2};$$

其中, $\bar{T}$ 表示同一温湿度传感器不同时间段采集的平均温度值, X 表示温湿度传感器的数量, Y 表示一天内采集时间的数量, i 表示温湿度传感器编号的索引, j 表示采集时间的索引, T_{ij} 表示第 i 个温湿度传感器在第 j 个采集时间采集的温度值, σ_T 表示温度标准差;

温度标准差反映了目标区域在不同时间段采集的温度数据波动情况, 温度标准差越大, 说明温度波动情况越剧烈, 这种温度波动情况产生的原因可以分为两种: 外界环境和白蚁活动, 并且外界环境和白蚁活动对应了不同的温度标准差范围, 温度的标准差与温度数据的离散情况成正比。

[0024] 生成温度变化率所依据的公式为:

$$\bar{T}_j = \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X T_{ij};$$

$$\overline{T_{j-1}} = \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X T_{i,j-1};$$

$$r_T = \frac{1}{Y} \cdot \sum_{j=1}^Y \frac{\overline{T_j} - \overline{T_{j-1}}}{\Delta t};$$

其中, r_T 表示温度变化率, $\overline{T_j}$ 和 $\overline{T_{j-1}}$ 分别表示所有温湿度传感器在第 j 个和第 $j-1$ 个采集时间采集的平均温度值, $T_{i,j-1}$ 表示第 i 个温湿度传感器在第 $j-1$ 个采集时间采集的温度值, Δt 表示两次采集之间的时间间隔;

温度变化率表示两个时间间隔内温度的变化快慢, 反映了白蚁活动情况, 温度变化率突然升高, 可能是因为白蚁活动, 温度变化率越高, 说明温度变化越快, 出现白蚁的可能性越高, 温度变化率的大小与时间间隔成反比, 与前后的温度之差成正比。

[0025] 生成温度不均匀性所依据的公式为:

$$H_j = \frac{\sum_{i=1}^X (T_{ij} - \overline{T_j})^2}{X};$$

其中, H_j 表示第 j 个采集时间的温度不均匀性;

温度不均匀性反映了同一时间不同区域的温度情况, 同一时刻采集的温度不均匀性越大, 说明此时区域内的温度分布越不均匀, 出现白蚁的可能性越大, 温度不均匀性与同一时刻温度的波动成正比。

[0026] 组合的温度特征向量为:

$$v = (\sigma_T, r_T, H_1, H_2, \dots, H_Y);$$

其中, v 表示温度特征向量, σ_T 表示温度标准差, r_T 表示温度变化率, H_Y 表示第 Y 个采集时间的温度不均匀性。

[0027] 温度特征向量按照顺序组合了温度标准差、温度变化率和温度不均匀性, 温度标准差、温度变化率和温度不均匀性分别具备可能由白蚁活动导致的取值区间, 组合在一起可以根据特征向量的取值判断是否由白蚁活动导致的取值变化。

[0028] 步骤4: 通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的湿度数据, 根据每次采集的湿度数据生成湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性, 将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量;

本实施例中, 将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量所依据的原理为:

生成湿度标准差所依据的公式为:

$$\overline{W} = \frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y W_{ij};$$

$$\sigma_W = \sqrt{\frac{1}{X \cdot Y} \cdot \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y (W_{ij} - \overline{W})^2};$$

其中, $\overline{w}$ 表示同一温湿度传感器在不同时间段采集的平均湿度值, X 表示温湿度传感器的数量, Y 表示一天内采集时间的数量, i 表示温湿度传感器的索引, j 表示采集时间的索引, w_{ij} 表示第 i 个温湿度传感器在第 j 个采集时间采集的湿度值, σ_w 表示湿度标准差;

湿度标准差反映了目标区域在不同时间段采集的湿度数据波动情况, 湿度标准差越大, 说明湿度波动情况越剧烈, 这种湿度波动情况产生的原因可以分为两种: 外界环境和白蚁活动, 并且外界环境和白蚁活动对应了不同的湿度标准差范围, 湿度的标准差与湿度数据的离散情况成正比。

[0029] 生成湿度变化率所依据的公式为:

$$\begin{aligned}\overline{w}_j &= \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X w_{ij}; \\ \overline{w}_{j-1} &= \frac{1}{X} \cdot \sum_{i=1}^X w_{i,j-1}; \\ r_w &= \frac{1}{Y} \cdot \sum_{j=1}^Y \frac{\overline{w}_j - \overline{w}_{j-1}}{\Delta t};\end{aligned}$$

其中, r_w 表示湿度变化率, $\overline{w}_j$ 和 $\overline{w}_{j-1}$ 分别表示所有温湿度传感器在第 j 个和第 $j-1$ 个采集时间采集的平均湿度值, $w_{i,j-1}$ 表示第 i 个温湿度传感器在第 $j-1$ 个采集时间采集的湿度值, Δt 表示两次采集之间的时间间隔;

湿度变化率表示两个时间间隔内湿度的变化快慢, 反映了白蚁活动情况, 湿度变化率突然升高, 可能是因为白蚁活动, 湿度变化率越高, 说明湿度变化越快, 出现白蚁的可能性越高, 湿度变化率的大小与时间间隔成反比, 与前后的湿度之差成正比。

[0030] 生成湿度不均匀性所依据的公式为:

$$L_j = \frac{\sum_{i=1}^X (w_{ij} - \overline{w}_j)^2}{X};$$

其中, L_j 表示第 j 个时间段的湿度不均匀性;

湿度不均匀性反映了同一时间不同区域的湿度情况, 同一时刻采集的湿度不均匀性越大, 说明此时区域内的湿度分布越不均匀, 出现白蚁的可能性越大, 湿度不均匀性与同一时刻湿度的波动成正比。

[0031] 组合的湿度特征向量为:

$$y = (\sigma_w, r_w, L_1, L_2, \dots, L_Y);$$

其中, y 表示湿度特征向量, σ_w 表示湿度标准差, r_w 表示湿度变化率, L_Y 表示第 Y 个采集时间的湿度不均匀性。

[0032] 湿度特征向量按照顺序组合了湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性, 湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性分别具备可能由白蚁活动导致的取值区间, 组合在一起可以根据特征向量的取值判断是否由白蚁活动导致的取值变化。

[0033] 步骤5: 将声波特征向量、温度特征向量和湿度特征向量转化为对应的声波矩阵和

温湿度矩阵,通过跨模态注意力机制调整声波矩阵和温湿度矩阵的权重,生成融合矩阵;

本实施例中,生成融合矩阵所依据的原理为:

将声波特征向量转化为一个 $(1 \times 3Z)$ 的矩阵,可表示为:

$$V = [c(1), c(2), \dots, c(Z), \Delta c(1), \Delta c(2), \dots, \Delta c(Z), \Delta c^2(1), \Delta c^2(2), \dots, \Delta c^2(Z)];$$

其中, V 表示声波特征矩阵;

组合温度特征向量和湿度特征向量,转化为一个 $(2Y + 4) \times 1$ 的温湿度特征矩阵,可表示为:

$$U = [\sigma_T, r_T, H_1, H_2, \dots, H_Y, \sigma_W, r_W, L_1, L_2, \dots, L_Y];$$

其中, U 表示温湿度特征矩阵, σ_T 表示温度标准差, r_T 表示温度变化率, H_Y 表示温度不均匀性, σ_W 表示湿度标准差, r_W 表示湿度变化率, L_Y 表示湿度不均匀性;

在声波特征矩阵和温湿度特征矩阵中截取相同的元素数量,生成二者的相似度,所依据的公式为:

$$S_{o,p} = V_o \cdot U_p;$$

其中, $S_{o,p}$ 表示对应的声波特征矩阵和温湿度特征矩阵元素的相似度, V_o 表示声波特征矩阵的第 o 列的元素, o 表示声波特征矩阵中的元素列数索引,且 $o = 1, 2, 3, \dots, 3Z$, U_p 表示温湿度特征矩阵的第 p 行的元素, p 表示温湿度特征矩阵中的元素行数索引,且 $p = 1, 2, 3, \dots, 2Y + 4$;

将所有计算出的相似度值依次排列,组成一个矩阵 S ,所述矩阵 S 表示声波特征矩阵和温湿度特征矩阵之间的相关性矩阵, $S_{o,p}$ 表示相关性矩阵 S 中第 o 列第 p 行的元素;

根据相关性矩阵生成注意力权重,所依据的公式为:

$$B_v = \text{softmax}(S);$$

$$B_u = \text{softmax}(S^T);$$

其中, B_v 表示声波特征的注意力权重, B_u 表示温湿度特征的注意力权重, S 表示相关性矩阵, S^T 表示相关性矩阵的转置矩阵;

通过softmax函数计算注意力权重的目的是将原始的相关性得分转换为范围在0~1之间的概率值,并保证所有注意力权重之和为1,确保模型在不同模态之间进行合理的权重分配,避免出现某一模态特征过于突出或被忽略的情况。

[0034] 通过计算生成的注意力权重进行特征融合,生成融合矩阵,所依据的公式为:

$$D = B_v \cdot V + B_u \cdot U;$$

其中, D 表示融合矩阵, B_v 表示声波特征的注意力权重, V 表示声波特征矩阵, B_u 表示温湿度特征矩阵的注意力权重, U 表示温湿度特征矩阵。

[0035] 融合矩阵是一个将声波特征和温湿度特征进行融合,并生成综合的、具有更丰富信息的特征表示,反映了各个模态特征的相关性,融合矩阵中的每个元素表示特定声波特征和特定温湿度特征之间的相关性,权重值越高,说明二者相似度越高。

[0036] 步骤6:构建深度学习网络,在融合矩阵上标注是否有白蚁出现的标签后,将其输入到深度学习网络中进行训练,得到输入值为融合矩阵,输出值为是否有白蚁出现的白蚁

预测模型；

步骤7:将待识别建筑的实时声波、实时温度和实时湿度数据按照上述步骤实时生成融合矩阵,再将该融合矩阵输入至白蚁预测模型中,判断是否有白蚁出现。

[0037] 本实施例中,深度学习网络的输入特征包括:声波特征向量、温度特征向量和湿度特征向量;

深度学习网络的结构为:

输入层:用于接收3种特征输入;

第一隐藏层:包含64个神经元,使用ReLU激活函数;

第二隐藏层:包含32个神经元,使用ReLU激活函数;

输出层:包含1个神经元,使用sigmoid激活函数,用于判断是否有白蚁出现。

[0038] 请参阅图2,本发明还提供一种保护建筑的白蚁虫害监测系统,所述系统用于实现上述保护建筑的白蚁虫害监测方法,包括:

传感器部署模块,用于将声波传感器、温湿度传感器部署在待监测白蚁活动目标区域,每隔1m设置一个声波传感器,每间隔0.5m设置一个温湿度传感器;

声波采集处理模块,用于通过声波传感器间隔10分钟采集一次目标区域声音信号,并通过一个高通滤波器对声音信号进行预加重,将预加重之后的信号分割成20~40ms的短时帧信号,帧信号之间有50%的部分重叠,对每一帧信号通过汉明窗函数进行加窗,并将加窗后的帧信号从时域信号转化为频域信号,将频域信号通过梅尔滤波器生成梅尔频率倒谱系数,将梅尔频率倒谱系数与其一阶差分和二阶差分组合生成声波特征向量;

温度采集处理模块,用于通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的温度数据,根据每次采集的温度数据生成温度标准差、温度变化率和温度不均匀性,将所述温度标准差、温度变化率和温度不均匀性组合成温度特征向量;

湿度采集处理模块,用于通过温湿度传感器间隔10分钟采集一次目标区域的湿度数据,根据每次采集的湿度数据生成湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性,将所述湿度标准差、湿度变化率和湿度不均匀性组合成湿度特征向量;

特征融合模块,用于将声波特征向量、温度特征向量和湿度特征向量转化为对应的声波矩阵和温湿度矩阵,通过跨模态注意力机制调整声波矩阵和温湿度矩阵的权重,生成融合矩阵;

模型构建模块,用于构建深度学习网络,在融合矩阵上标注是否有白蚁出现的标签后,将其输入到深度学习网络中进行训练,得到输入值为融合矩阵,输出值为是否有白蚁出现的白蚁预测模型;

综合判断模块,用于将待识别建筑的实时声波、实时温度和实时湿度数据按照上述步骤实时生成融合矩阵,再将该融合矩阵输入至白蚁预测模型中,判断是否有白蚁出现。

[0039] 上述公式均是去量纲取其数值计算,公式是由采集大量数据进行软件模拟得到最近真实情况的一个公式,公式中的预设参数由本领域的技术人员根据实际情况进行设置。

[0040] 上述实施例,可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或其他任意组合来实现。当使用软件实现时,上述实施例可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。本领域技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够通过电子硬件,或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方

法来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。

[0041] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,既可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0042] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。

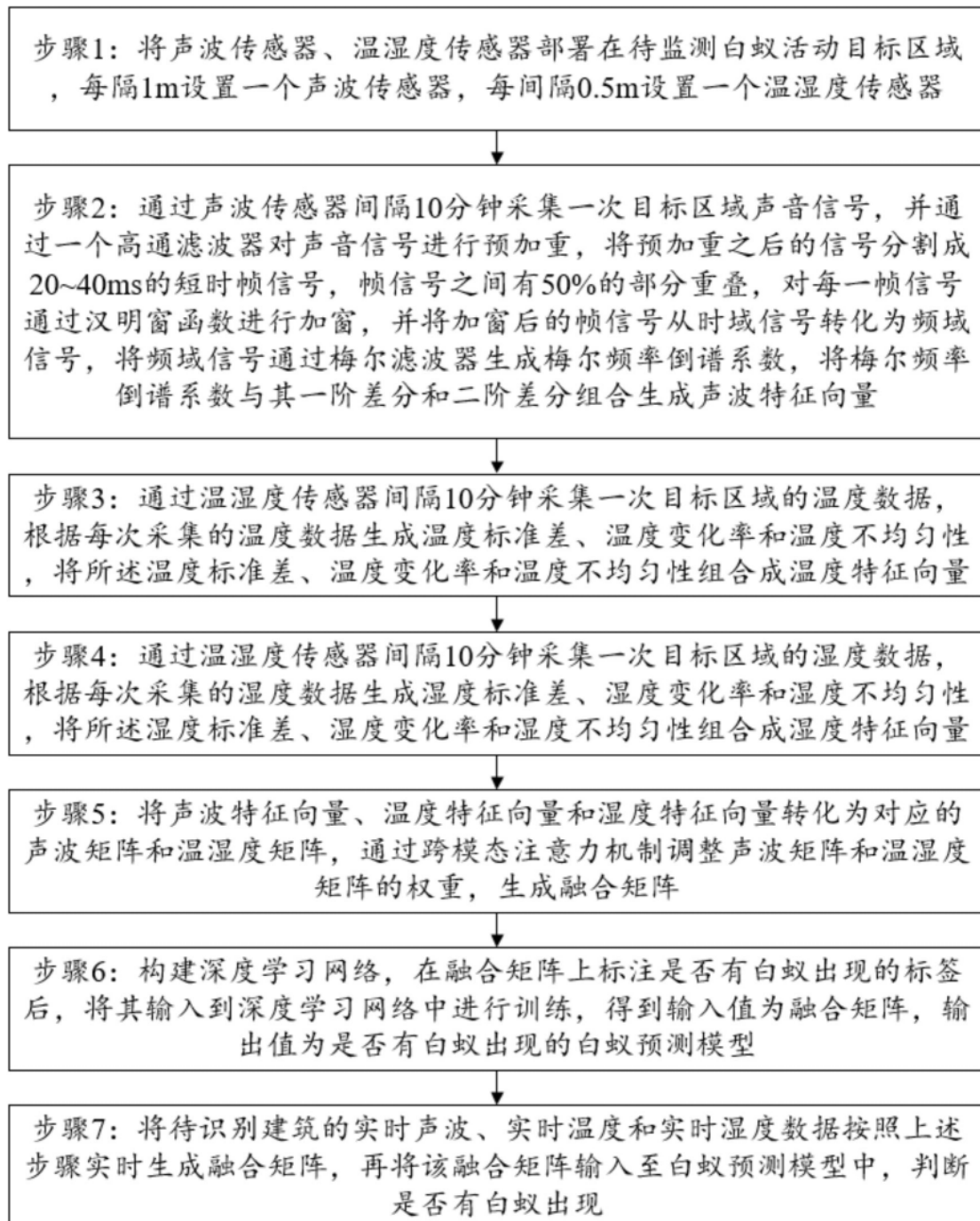


图1

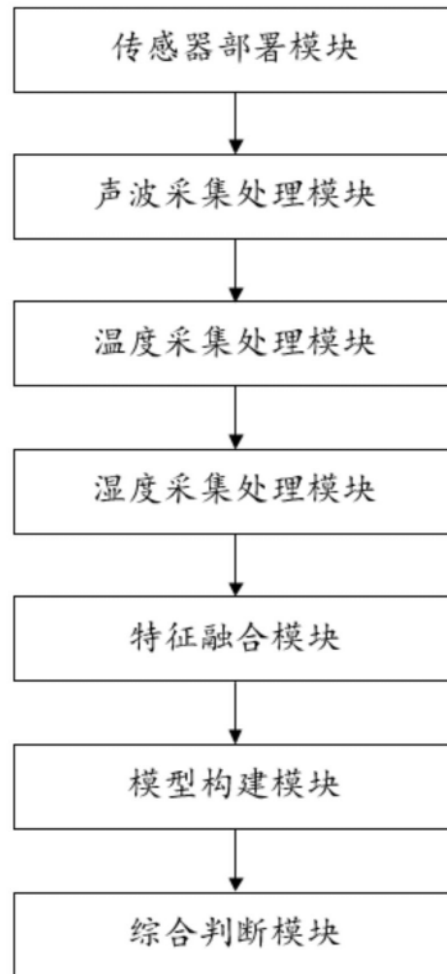


图2