



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113100207 A

(43) 申请公布日 2021.07.13

(21) 申请号 202110400904.3

G06K 9/40 (2006.01)

(22) 申请日 2021.04.14

G06K 9/46 (2006.01)

G06K 9/62 (2006.01)

(71) 申请人 郑州轻工业大学

地址 450000 河南省郑州市高新技术产业
开发区科学大道136号

(72) 发明人 刁智华 李江波 刁春迎 娄泰山
杨然兵 贺振东 张保华 吴青娥
张东彦 张萌 赵素娜 张雷
罗雅雯 闫娇楠

(74) 专利代理机构 郑州优盾知识产权代理有限
公司 41125

代理人 张真真

(51) Int.Cl.

A01M 7/00 (2006.01)

G06K 9/34 (2006.01)

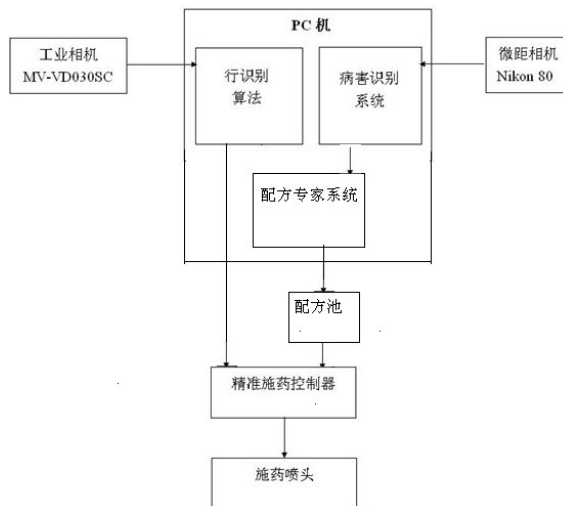
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

基于小麦病害信息的精准配方施药机器人
系统及施药方法

(57) 摘要

本发明提出了一种基于小麦病害信息的精
准配方施药机器人系统及施药方法,用于解决现
有农作物自动化喷药技术的准确度差,造成农药
浪费以及环境污染的技术问题。所述系统包括工
业相机、微距相机、PC机、配方池、精准施药控
制器和施药喷头,所述PC机分别与工业相机、微
距相机、配方池和精准施药控制器相连接,配方
池与精准施药控制器相连接,精准施药控制器
与施药喷头相连接。本发明在病害种类识别和
配方配制方面具有一定的优势,在识别小麦病
害种类方面具有很好的效果,在基于病害严重程
度给出配方方面具有较强优势,系统具有较强的
适应性和较高的识别准确度。



1. 一种基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统,其特征在于,包括工业相机、微距相机、PC机、配方池、精准施药控制器和施药喷头,所述PC机分别与工业相机、微距相机、配方池和精准施药控制器相连接,配方池与精准施药控制器相连接,精准施药控制器与施药喷头相连接。

2. 根据权利要求1所述的基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统,其特征在于,所述PC机包括病害识别系统、作物行识别系统和配方专家系统,所述病害识别系统分别与微距相机、配方专家系统相连接,配方专家系统与配方池相连接,所述作物行识别系统分别与工业相机和精准施药控制器相连接。

3. 根据权利要求1或2所述的基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统的施药方法,其特征在于,其步骤如下:

S1、利用工业相机采集小麦作物的图像,并将图像传输至PC机的作物行识别系统,得到施药喷头与作物行的偏差信息;

S2、利用微距相机获取小麦作物的叶片病害图像,并将叶片病害图像传输至PC机的病害识别系统,得到病害种类及病害程度;

S3、将步骤S2中的病害种类及病害程度传输至配方专家系统,通过配方专家系统给出农药种类以及喷药量后在配方池中进行配制,得到农药溶液;

S4、将步骤S1中的施药喷头与作物行的偏差信息传输至精准施药控制器,精准施药控制器控制施药喷头的位置将步骤S3中的农药溶液喷洒至病态的小麦作物上,实现了小麦作物的精准施药。

4. 根据权利要求3所述的基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统的施药方法,其特征在于,所述步骤S1中的将图像传输至PC机的作物行识别系统,得到施药喷头与作物行的偏差信息的方法为:

S11、利用图像处理方法对小麦作物的图像进行预处理,得到二值图像;

S12、利用形态学算法去除二值图像中行间和作物行上的小孔噪声,得到作物行骨架;

S13、利用基于定向处理的快速Hough变换算法对作物行骨架进行拟合,得到作物行的中心线;

S14、根据世界坐标系与图像坐标系的变换关系,通过计算作物行的中心线与图像中心的像素偏差距离,得出图像像素偏差所对应的实际地理偏差的大小,结合施药喷头与工业相机的位置信息,得到施药喷头与作物行的偏差信息。

5. 根据权利要求4所述的基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统的施药方法,其特征在于,所述利用图像处理方法对小麦作物的图像进行预处理,得到二值图像的方法为:

S11.1、利用改进的过绿灰度化算法对小麦作物的图像进行灰度化,得到灰度图像;

所述灰度图像为:

$$Gray = \begin{cases} 0, & 2G - R - B < 0 \\ 255, & 2G - R - B > 255; \\ 2G - R - B, & 2G - R - B \leq 255 \end{cases}$$

其中,Gray表示图像的灰度值,G表示图像的绿色分量,R表示图像红色分量,B表示图

像的蓝色分量；

S11.2、对灰度图像进行二值滤波处理，去除灰度图像中的噪声，得到滤波图像；

S11.3、采用最大类间方差法对滤波图像进行二值化，得到二值图像。

6. 根据权利要求3所述的基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统的施药方法，其特征在于，所述步骤S2中的将叶片病害图像传输至PC机的病害识别系统，得到病害种类及病害程度的方法为：

S21、利用图像处理对叶片病害图像进行叶片与背景分离，得到叶片病害图像；

S22、采用绿色分割算法对叶片病害图像进行分割，得到病斑分割图像，并将病斑分割图像进行图像复原得到病斑图像，其中，图像复原是指将变换后的灰度图像根据图像坐标位置信息复原为彩色图像；

S23、分别利用颜色直方图、颜色矩、对比度、不变矩及偏心率的计算方法对病斑图像进行特征提取，得到初始备用特征，并通过主成分分析法对初始备用特征进行筛选，得到用于小麦叶片病害识别的核心特征，其中，核心特征包括红色矩、R-G、圆形度、对比度、偏心率和病斑面积数目比；

S24、利用基于费歇尔判据的SVM算法对核心特征进行识别，输出病害的种类以及病害严重程度。

7. 根据权利要求6所述的基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统的施药方法，其特征在于，所述利用图像处理对叶片病害图像进行叶片与背景分离，得到叶片病害图像的方法为：

S21.1、将叶片病害图像转化为灰度图像，并利用改进的分水岭算法对灰度图像进行处理，得到二次灰度化图像；

S21.2、利用自适应阈值算法对二次灰度化图像进行分割，得到叶片的二值图像；

S21.3、对经过膨胀腐蚀滤波后的叶片的二值图像进行裁剪，得到目标图像；

S21.4、根据图像空间像素的不变性原理，将目标图像按照空间关系转化为彩色图像，得到叶片病害图像，其中，空间关系是指二值图像和彩色图像的坐标位置相对应。

8. 根据权利要求6所述的基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统的施药方法，其特征在于，所述利用基于费歇尔判据的SVM算法对核心特征进行识别，输出病害的种类以及病害严重程度的方法为：

S24.1、构建小麦叶片的病害类别空间 $M=V_1 \cup V_2 \cup \dots \cup V_i \cup \dots \cup V_N$ ，其中， V_i 表示第*i*类病害；

S24.2、将病害类别空间M划分为两类子空间，并采用费歇尔判据构建线性判别函数：

$$U(X) = \sum_{i=1}^p C_i x_i = C^T X,$$

其中， $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$ 为核心特征， $i=1, 2, \dots, p$ ， p 表示核心特征个数， C 为常向量， C_i 表示不同核心特征的贡献率， $U(X)$ 表示判别函数；

S24.3、基于费歇判据的支持向量机决策树的多类识别算法，根据获得的小麦叶部病害核心特征，判断出病害的种类；根据小麦叶部病害核心特征的数量多少，确定病害严重程度级别。

基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统及施药方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农业工程技术领域,特别是指一种基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统及施药方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着计算机技术的发展,精准施药机器人系统得到越来越多的关注。利用计算机图像处理及计算机视觉技术在农业生产中实现精准施药也逐步开展起来。数字图像处理算法在自动对准和自动识别方面具有很大的优势,是现代精准农业的基础和关键技术。根据精准施药的要求,作物行中心线的识别精准度会影响喷药喷头的对准精度,很容易造成农药的浪费或者污染环境;而病害种类识别的准确度及病害严重程度会对精准施药的效果产生很大的影响,准确判断病害种类才可以对症施药,确定病害严重程度会减少农药浪费,实行对量施药。而目前国内外也还没有通用的、适应性完全满足需求的精准施药算法,也没有能够实现上述功能的大型精准施药机械或者精准施药机器人。

发明内容

[0003] 针对上述背景技术中存在的不足,本发明提出了一种基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统及施药方法,解决了现有农作物自动化喷药技术的准确度差,造成农药浪费以及环境污染的技术问题。

[0004] 本发明的技术方案是这样实现的:

[0005] 一种基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统,包括工业相机、微距相机、PC机、配方池、精准施药控制器和施药喷头,所述PC机分别与工业相机、微距相机、配方池和精准施药控制器相连接,配方池与精准施药控制器相连接,精准施药控制器与施药喷头相连接。

[0006] 优选地,所述PC机包括病害识别系统、作物行识别系统和配方专家系统,所述病害识别系统分别与微距相机、配方专家系统相连接,配方专家系统与配方池相连接,所述作物行识别系统分别与工业相机和精准施药控制器相连接。

[0007] 一种基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统的施药方法,其步骤如下:

[0008] S1、利用工业相机采集小麦作物的图像,并将图像传输至PC机的作物行识别系统,得到施药喷头与作物行的偏差信息;

[0009] S2、利用微距相机获取小麦作物的叶片病害图像,并将叶片病害图像传输至PC机的病害识别系统,得到病害种类及病害程度;

[0010] S3、将步骤S2中的病害种类及病害程度传输至配方专家系统,通过配方专家系统给出农药种类以及喷药量后在配方池中进行配制,得到农药溶液;

[0011] S4、将步骤S1中的施药喷头与作物行的偏差信息传输至精准施药控制器,精准施药控制器控制施药喷头的位置将步骤S3中的农药溶液喷洒至病态的小麦作物上,实现了小麦作物的精准施药。

[0012] 优选地,所述步骤S1中的将图像传输至PC机的作物行识别系统,得到施药喷头与作物行的偏差信息的方法为:

[0013] S11、利用图像处理方法对小麦作物的图像进行预处理,得到二值图像;

[0014] S12、利用形态学算法去除二值图像中行间和作物行上的小孔噪声,得到作物行骨架;

[0015] S13、利用基于定向处理的快速Hough变换算法对作物行骨架进行拟合,得到作物行的中心线;

[0016] S14、根据世界坐标系与图像坐标系的变换关系,通过计算作物行的中心线与图像中心的像素偏差距离,得出图像像素偏差所对应的实际地理偏差的大小,结合施药喷头与工业相机的位置信息,得到施药喷头与作物行的偏差信息。

[0017] 优选地,所述利用图像处理方法对小麦作物的图像进行预处理,得到二值图像的方法为:

[0018] S11.1、利用改进的过绿灰度化算法对小麦作物的图像进行灰度化,得到灰度图像;

[0019] 所述灰度图像为:

$$[0020] \quad Gray = \begin{cases} 0, & 2G - R - B < 0 \\ 255, & 2G - R - B > 255; \\ 2G - R - B, & 2G - R - B \leq 255 \end{cases}$$

[0021] 其中,Gray表示图像的灰度值,G表示图像的绿色分量,R表示图像红色分量,B表示图像的蓝色分量;

[0022] S11.2、对灰度图像进行二值滤波处理,去除灰度图像中的噪声,得到滤波图像;

[0023] S11.3、采用最大类间方差法对滤波图像进行二值化,得到二值图像。

[0024] 优选地,所述步骤S2中的将叶片病害图像传输至PC机的病害识别系统,得到病害种类及病害程度的方法为:

[0025] S21、利用图像处理方法对叶片病害图像进行叶片与背景分离,得到叶片病害图像;

[0026] S22、采用绿色分割算法对叶片病害图像进行分割,得到病斑分割图像,并将病斑分割图像进行图像复原得到病斑图像,其中,图像复原是指将变换后的灰度图像根据图像坐标位置信息复原为彩色图像;

[0027] S23、分别利用颜色直方图、颜色矩、对比度、不变矩及偏心率的计算方法对病斑图像进行特征提取,得到初始备用特征,并通过主成分分析法对初始备用特征进行筛选,得到用于小麦叶片病害识别的核心特征,其中,核心特征包括红色矩、R-G、圆形度、对比度、偏心率和病斑面积数目比;

[0028] S24、利用基于费歇尔判据的SVM算法对核心特征进行识别,输出病害的种类以及病害严重程度。

[0029] 优选地,所述利用图像处理方法对叶片病害图像进行叶片与背景分离,得到叶片病害图像的方法为:

[0030] S21.1、将叶片病害图像转化为灰度图像,并利用改进的分水岭算法对灰度图像进行处理,得到二次灰度化图像;

[0031] S21.2、利用自适应阈值算法对二次灰度化图像进行分割,得到叶片的二值图像;

[0032] S21.3、对经过膨胀腐蚀滤波后的叶片的二值图像进行裁剪,得到目标图像;

[0033] S21.4、根据图像空间像素的不变性原理,将目标图像按照空间关系转化为彩色图像,得到叶片病害图像,其中,空间关系是指二值图像和彩色图像的坐标位置相对应。

[0034] 优选地,所述利用基于费歇尔判据的SVM算法对核心特征进行识别,输出病害的种类以及病害严重程度的方法为:

[0035] S24.1、构建小麦叶片的病害类别空间 $M=V_1 \cup V_2 \cup \dots \cup V_i \cup \dots \cup V_N$,其中, V_i 表示第*i*类病害;

[0036] S24.2、将病害类别空间M划分为两类子空间,并采用费歇尔判据构建线性判别函数:

$$[0037] \quad U(X) = \sum_{i=1}^p C_i x_i = C^T X,$$

[0038] 其中, $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$ 为核心特征, $i=1, 2, \dots, p$, p 表示核心特征个数, C 为常向量, C_i 表示不同核心特征的贡献率, $U(X)$ 表示判别函数;

[0039] S24.3、基于费歇尔判据的支持向量机决策树的多类识别算法,根据获得的小麦叶部病害核心特征,判断出病害的种类;根据小麦叶部病害核心特征的数量多少,确定病害严重程度级别。

[0040] 本技术方案能产生的有益效果:本发明在软硬件配置上给出了实现方法,对于喷药喷头自动对准和农药种类自动选择及喷药量控制提供了方法,在病害种类识别和配方配制方面具有一定的优势,通过实验证明此方法在识别小麦病害种类方面具有很好的效果,在基于病害严重程度给出配方方面具有较强优势,系统具有较强的适应性和较高的识别准确度。

附图说明

[0041] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0042] 图1为本发明的系统框图;

[0043] 图2为本发明的流程图;

[0044] 图3为本发明的小麦田原图;

[0045] 图4为本发明的小麦作物行中心线提取图;

[0046] 图5为本发明的小麦条锈病原图;

[0047] 图6为本发明的小麦条锈病处理图;

[0048] 图7为本发明的小麦叶锈病原图;

[0049] 图8为复杂背景下的小麦叶锈病原图;

[0050] 图9为本发明的小麦白粉病识别结果图。

具体实施方式

[0051] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0052] 实施例1,如图1所示,一种基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统,包括工业相机、微距相机、PC机、配方池、精准施药控制器和施药喷头,所述PC机分别与工业相机、微距相机、配方池和精准施药控制器相连接,从工业相机获得小麦作物行图像,从微距相机获得病害图像,与配方池相连主要是为了将配方专家系统获得的信息传输给配方池,与精准施药控制器相连主要是将控制信号传输给施药控制器;配方池与精准施药控制器相连接,将配方池的信息传输给施药控制器,进行配方药量的供给和药液的混合;精准施药控制器与施药喷头相连接,精准施药控制器控制施药喷头根据实际情况进行施药作业。所述PC机包括病害识别系统、作物行识别系统和配方专家系统,病害识别系统主要用来识别小麦的病害信息,包括病害类别和病害危害程度等;作物行识别系统主要用来识别小麦的作物行,指导施药机器人进行喷药作业,保证将药物喷洒到患病作物上;配方专家系统主要是根据作物病害的类别和病害危害程度等信息给出专家决策,生成施药配方,所述病害识别系统分别与微距相机、配方专家系统相连接,配方专家系统与配方池相连接,所述作物行识别系统分别与工业相机和精准施药控制器相连接。

[0053] 实施例2,如图2所示,一种基于小麦病害信息的精准配方施药机器人系统的施药方法,具体步骤如下:

[0054] S1、利用工业相机MV-VD030SC采集小麦作物的RGB彩色图像,如图3所示,图像中要包含若干作物行信息,并将图像传输至PC机的作物行识别系统,得到施药喷头与作物行的偏差信息;其方法为:

[0055] S11、利用图像处理方法对小麦作物的图像进行预处理,得到二值图像;具体方法为:

[0056] S11.1、利用改进的过绿灰度化算法对小麦作物的图像进行灰度化,得到灰度图像;

[0057] 所述灰度图像为:

$$[0058] \quad Gray = \begin{cases} 0, & 2G - R - B < 0 \\ 255, & 2G - R - B > 255; \\ 2G - R - B, & 2G - R - B \leq 255 \end{cases}$$

[0059] 其中,Gray表示图像的灰度值,G表示图像的绿色分量,R表示图像红色分量,B表示图像的蓝色分量;

[0060] S11.2、对灰度图像进行二值滤波处理,去除灰度图像中的噪声,得到滤波图像;

[0061] S11.3、采用最大类间方差法对滤波图像进行二值化,得到二值图像。此时二值图像中只有作物行信息,背景已被去除,实现背景分割。

[0062] S12、利用形态学算法去除二值图像中行间和作物行上的小孔噪声,然后对其进行细化,同时为了减少计算量,在考虑信息量和准确性的前提下,去除图像中的多余线条,只保留最靠近中心的两行来代表作物行骨架,得到的作物行骨架如图4所示。

[0063] S13、为了更好的体现作物行的走向,利用基于定向处理的快速Hough变换算法对作物行骨架进行拟合为直线,并将此直线作为作物行的中心线;

[0064] 基于定向处理的快速Hough变换算法原理如下:

[0065] Hough变换将作物行拟合为直线,其基本思想是利用点线的对偶性把图像中的直线检测问题转换为对参数空间中点的检测问题,通过参数空间中点的累加统计完成直线检测。提高Hough变换的速度有两种方法,一是减少参与的点数,二是缩小计算的空间。本发明的基于定向处理的Hough变换是基于这两种方法的结合。为了减少计算的复杂度采用直线极坐标方程表示为:

$$[0066] \quad \rho = x \cos \theta + y \sin \theta;$$

[0067] 其中, ρ 是原点到直线的距离, θ 是x轴与直线的夹角。计算时首先把整体图像量化为几个子区域,在细化图像中近直线段上随机选取两点 (x_m, y_m) 、 (x_n, y_n) 确定一条直线,参数如下:

$$[0068] \quad \theta = \arctan \frac{y_m - y_n}{x_m - x_n};$$

$$[0069] \quad \rho = x_m \cos \theta + y_m \sin \theta;$$

[0070] 把每段近直线中所有像素点组成一集合A,随机取集合A中两点求斜率,如不满足近直线要求,重新选择。由于只提取作物行图像的中间2行,因此,可以把 θ 的取值范围压缩

为 $30^\circ \sim 150^\circ$,根据 $\rho = \sqrt{x^2 + y^2} \sin(\theta + \varphi)$ 计算 ρ 的值,其中, $\theta = \sin^{-1} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)$ 。最后根

据 ρ 和 θ 的值对累加数组进行累加,得到共线点的个数,由 ρ 和 θ 的取值范围及它们的分辨率可以确定累加器的大小,从而检测直线。

[0071] S14、根据世界坐标系与图像坐标系的变换关系,通过计算作物行的中心线与图像中心的像素偏差距离,得出图像像素偏差所对应的实际地理偏差的大小,结合施药喷头与工业相机的位置信息,得到施药喷头与作物行的偏差信息,并将偏差信息由PC机发送给精准施药控制器。

[0072] S2、利用微距相机(型号为Nikon D80型彩色数码照相机)获取小麦作物的叶片病害图像,并将叶片病害图像传输至PC机的病害识别系统,得到病害种类及病害程度;其方法为:

[0073] S21、利用图像处理方法对叶片病害图像进行叶片与背景分离,得到叶片病害图像,如图5和7所示;其步骤为:

[0074] S21.1、在病害叶片与复杂背景分离时,将叶片病害图像转化为灰度图像,并利用改进的分水岭算法对灰度图像进行处理,得到二次灰度化图像;

[0075] S21.2、利用自适应阈值算法对二次灰度化图像进行分割,得到叶片的二值图像;

[0076] S21.3、对经过膨胀腐蚀滤波后的叶片的二值图像进行裁剪,得到目标图像;

[0077] S21.4、根据图像空间像素的不变性原理,将目标图像按照空间关系转化为彩色图像,得到叶片病害图像,其中,空间关系是指二值图像和彩色图像的坐标位置相对应。

[0078] S22、采用绿色分割算法对叶片病害图像进行分割,得到病斑分割图像,并将病斑分割图像进行图像复原得到病斑为白色、背景为黑色的病斑分割图像,如图6和8所示,其中,图像复原是指将变换后的灰度图像根据图像坐标位置信息复原为彩色图像;

[0079] S23、综合考虑小麦不同病害在图像各方面的不同性质,定义合适的特征,得到一个能将研究中的小麦病害正确分类的特征集合。并提取了用于多种小麦叶部病害识别的初始备用特征。通过特征选择方法,得到用于多种小麦叶部病害识别的核心特征。分别利用颜色直方图、颜色矩、对比度、不变矩及偏心率的计算方法对病斑图像进行特征提取,得到初始备用特征,并通过主成分分析法对初始备用特征进行筛选,得到用于小麦叶片病害识别的核心特征,其中,核心特征包括红色矩、R-G、圆形度、对比度、偏心率和病斑面积数目比;

[0080] S24、设计了基于费歇判据的支持向量机决策树的多类识别算法,根据获得的小麦叶部病害核心特征,判断出病害的种类;根据小麦叶部病害核心特征的数量多少,确定病害严重程度级别。将种类和严重程度信息由PC机发送给精准施药控制器。利用基于费歇判据的SVM算法对核心特征进行识别,输出病害的种类以及病害严重程度,如图9所示。基于费歇判据的SVM算法为:

[0081] 系统多组核心特征组合数据可以表示为:

[0082] $L_N = \{X_i | i=1, 2, \dots, N\}$;

[0083] 式中, L_N 表示核心特征组合空间,向量 X_i 为核心特征组合向量;

[0084] $X_i = (x_1, x_2, \dots, x_p)_i^T$;

[0085] 其中,分量 x_k ($k=1, 2, \dots, p$)表示不同核心特征。

[0086] S24.1、将实际病害类别空间M划分为N个类别,构建小麦叶片的病害类别空间 $M = V_1 \cup V_2 \cup \dots \cup V_i \cup \dots \cup V_N$,其中, V_i 表示第i类病害;病害识别就是找到满足于 V_i 的向量 X_j 的特征值: $\forall X_j \in V_i$;

[0087] S24.2、首先采用基于支持向量机决策树的方法将病害类别空间划分为只有两类划分的子空间,多类识别的时候得到多个两类空间组合的子空间。对于两类空间组合的子空间采用费歇判据的想法进行识别。将病害类别空间M划分为两类子空间,并采用费歇判据构建线性判别函数:

[0088] $U(X) = \sum_{i=1}^p C_i x_i = C^T X$,

[0089] 其中, $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$ 为核心特征, $i=1, 2, \dots, p$, p 表示核心特征个数, C 为常向量, C_i 表示不同核心特征的贡献率, $U(X)$ 表示判别函数;在规定条件下,确定一特征值 U_0 为阈值,小于此值判别为类别1空间,大于此值判别为类别2空间。费歇判据法是在最优标准条件下,只利用子集一、二阶矩的知识求得的线性判别函数,比基于欧式距离和马氏距离的方法更准确。

[0090] S24.3、基于费歇判据的支持向量机决策树的多类识别算法,根据获得的小麦叶部病害核心特征,判断出病害的种类;根据小麦叶部病害核心特征的数量多少,确定病害严重程度级别。

[0091] 依次类推,分别得到类别1空间、类别2空间、类别3空间等。

[0092] S3、将步骤S2中的病害种类及病害程度传输至配方专家系统,通过配方专家系统给出农药种类以及喷药量后在配方池中进行配制,得到农药溶液;

[0093] 配方专家系统首先获取到相关配方,相关配方中包括需要的农药种类以及每种农药的剂量等信息。在配方池里分别从不同农药容器中抽取出一剂量的农药,然后通过搅拌进行药液混合,就可以得到农药溶液。

[0094] S4、将步骤S1中的施药喷头与作物行的偏差信息传输至精准施药控制器,精准施药控制器控制施药喷头的位置将步骤S3中的农药溶液喷洒至病态的小麦作物上,实现了小麦作物的精准施药,减少农药浪费,提高施药效率及准确率。

[0095] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

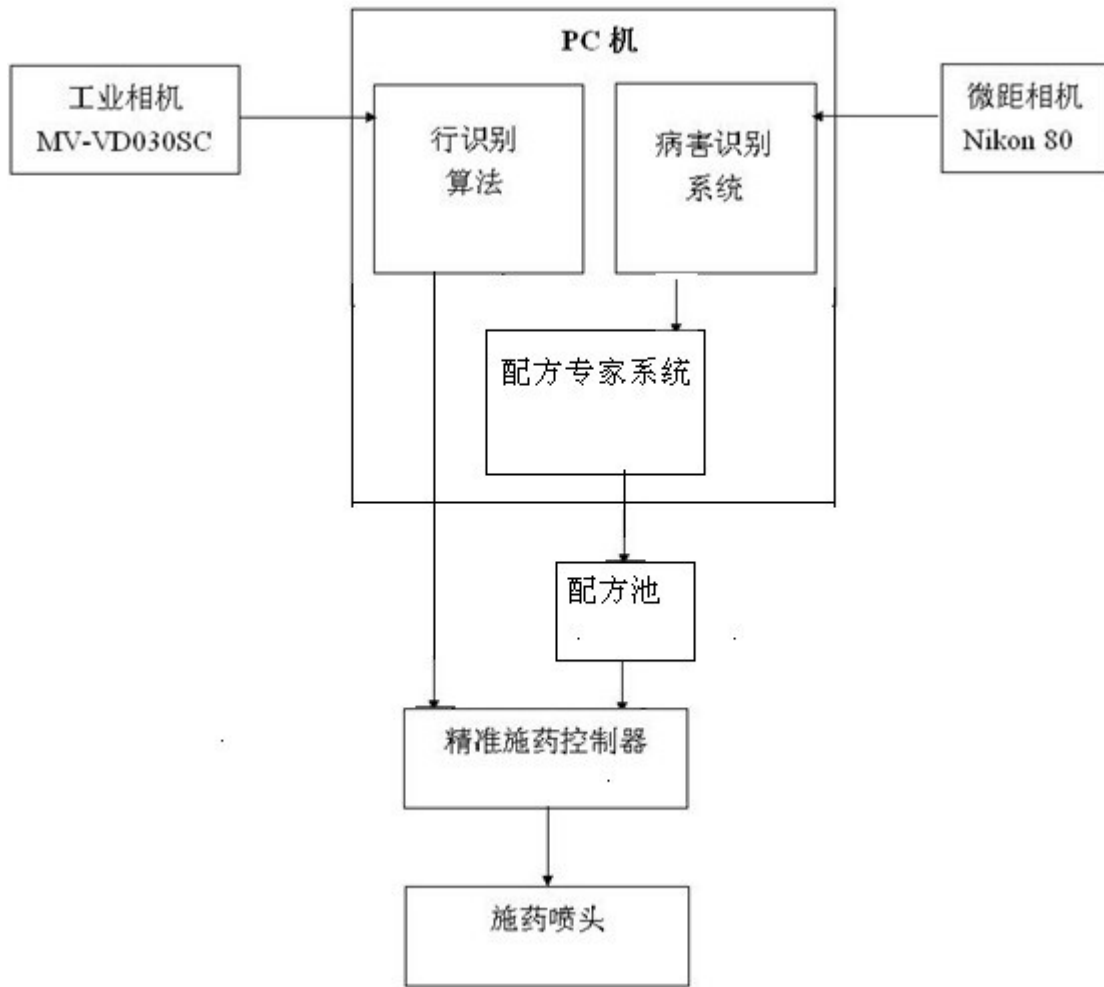


图1

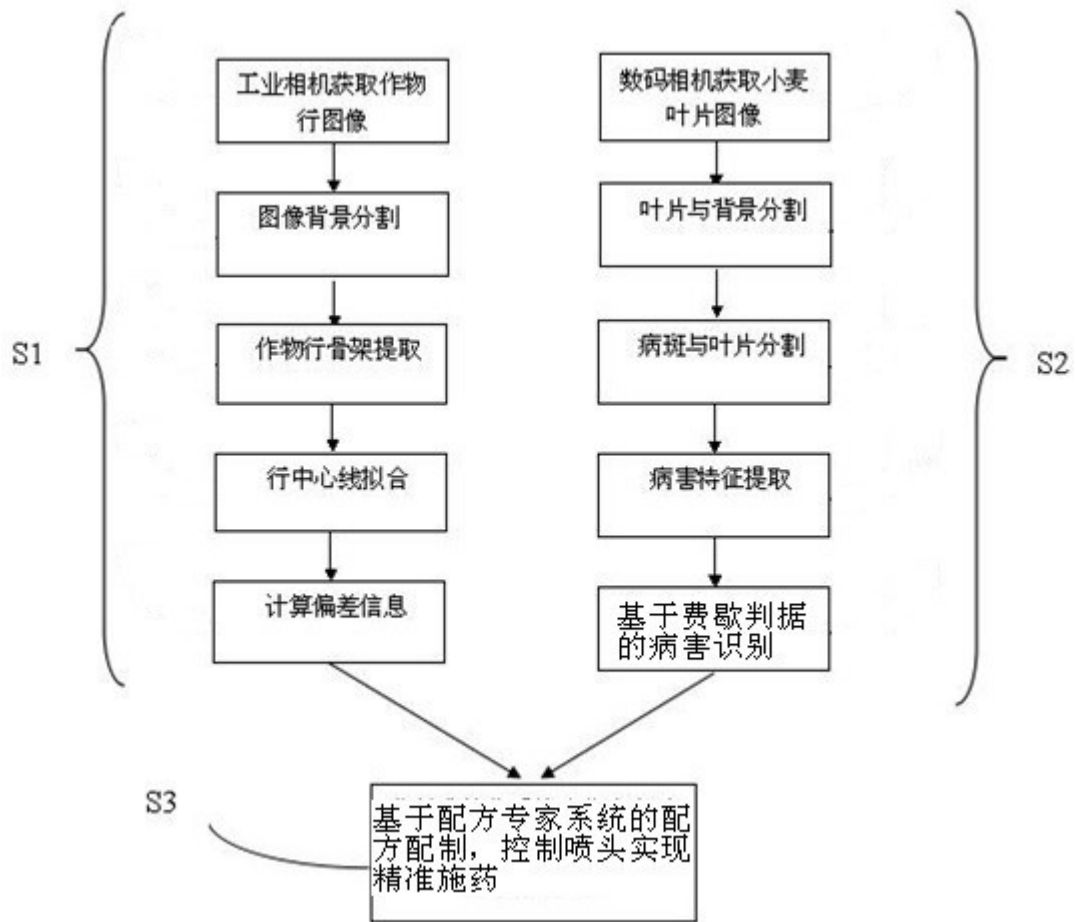


图2

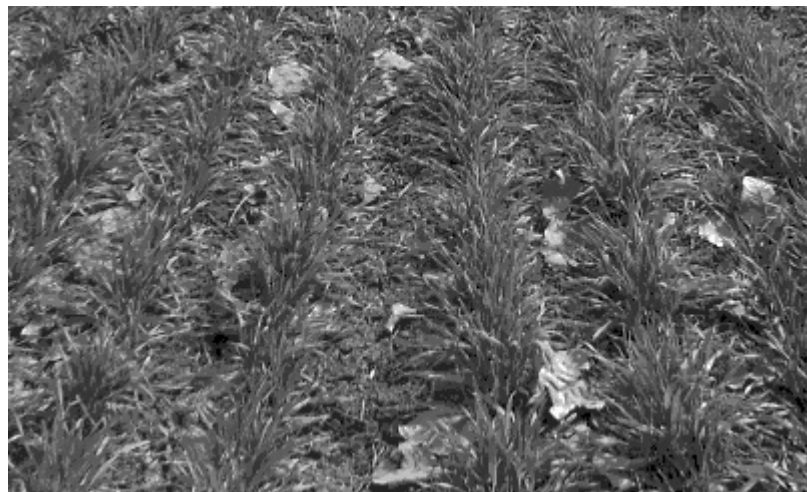


图3

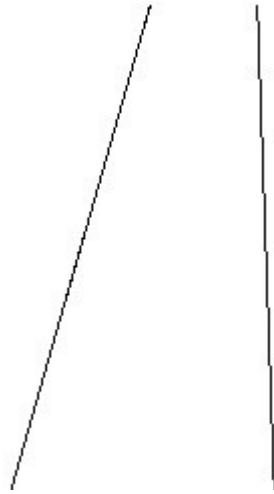


图4



图5

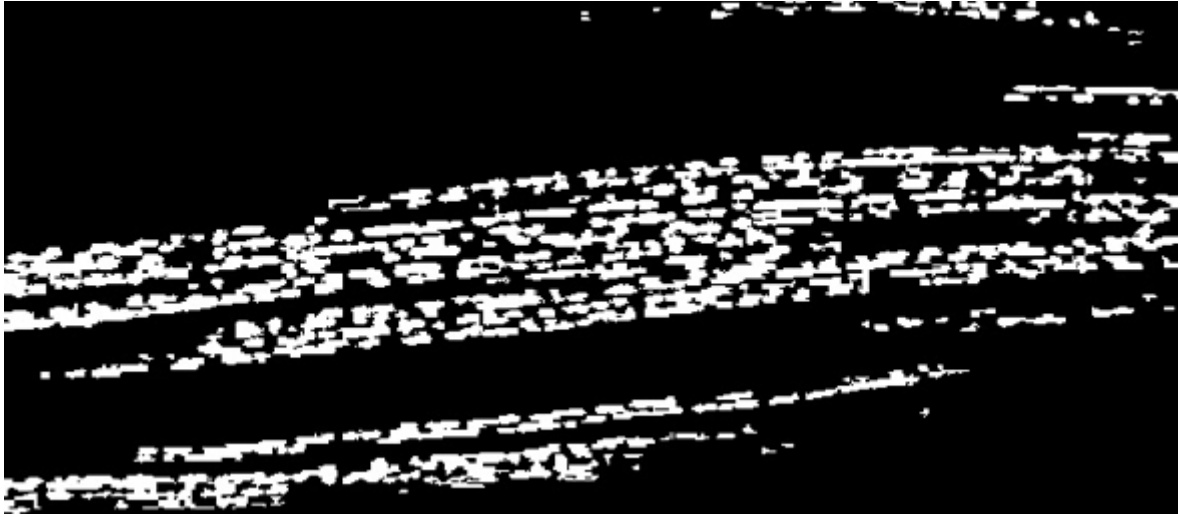


图6

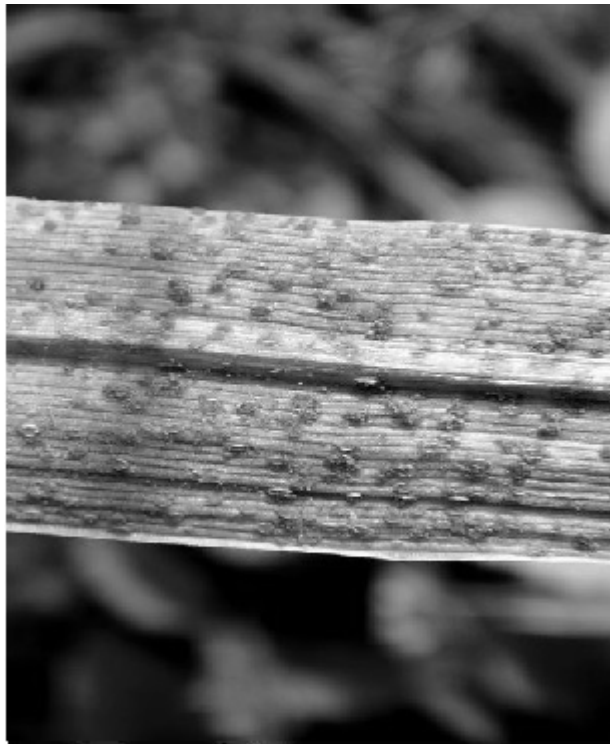


图7

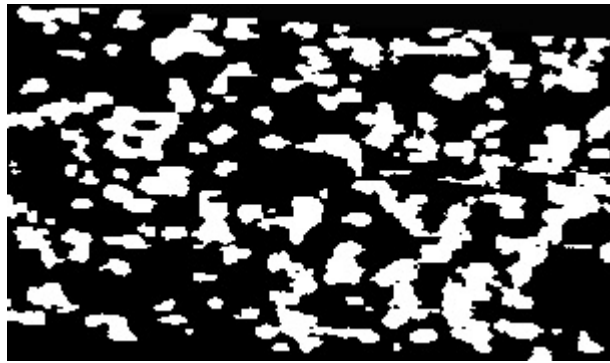


图8



图9