

基于图像规则与 Android 手机的棉花病虫害诊断系统*

戴建国¹ 赖军臣²

(1. 兵团空间信息工程技术研究中心, 石河子 832003; 2. 新疆生产建设兵团第六师农业局, 五家渠 831300)

摘要: 为解决当前植保专家系统使用难度大以及携带不便的问题, 在 Android 智能手机上开发了基于图像规则的棉花病虫害诊断系统。采用二叉树检索规则构建二叉诊断决策知识树, 利用面向对象技术将诊断决策树中的知识节点及其相对应的田间典型图像进行封装, 形成图像化知识表达形式; 系统提供指认式和推理式 2 种诊断方式, 基于田间病虫害事实图像进行人机交互, 实现了推理过程的可视化, 具有便携、实用、图文并茂、人机交互友好以及不受网络环境限制等特点, 能够实现现场式的专家服务。经应用测试, 事实库中包含的病虫害诊断正确率在 95% 以上。

关键词: 棉花 病虫害 诊断 智能手机 专家系统 图像规则

中图分类号: S24; S431.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2015)01-0035-10

Image-rule-based Diagnostic Expert System for Cotton Diseases and Pests Based on Mobile Terminal with Android System

Dai Jianguo¹ Lai Junchen²

(1. *XPCC Research Center for Geospatial Information Technology, Shihezi 832003, China*

2. *Agriculture Bureau of the Sixth Agricultural Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Wujiaqu 831300, China*)

Abstract: Currently expert system for plant protection has the problem of poor portability and expensiveness, so a cotton diseases and insect pest diagnosis system based on image rules was developed on the Android smartphone. Binary retrieve rules were used to construct decision tree, object-oriented programming was used to encapsulate binary logic classification model, rules and appropriate photographs, consequently, knowledge represented by graphics achieved. The system has two diagnosis methods of image retrieval diagnosis and binary tree retrieval diagnosis with image rules. It featured human-computer interaction on actual image of typical characteristic facts in the field. The reasoning process was realized by visualization. The system was benefit for the agricultural production in practice with excellent features as portable, practicability, friendly interface, information of picture and data, and unlimited with networks. The diagnosis accuracy was above 95%.

Key words: Cotton Plant diseases and insect pests Diagnose Smartphone Expert system Image rules

引言

棉花是我国重要的经济作物, 病虫害是造成产量损失的重要因素, 所以棉花病虫害的诊断和防治

一直是植保专家、农业管理部门和种植户在棉花生长阶段重点关注的问题。目前我国植保服务体系较为薄弱, 相对于千家万户分散经营的农户, 拥有病虫害诊断和防治知识的植保专家明显不足。将人工智

收稿日期: 2014-04-27 修回日期: 2014-06-19

* 兵团博士资金专项资助项目(2012BB099)

作者简介: 戴建国, 副教授, 主要从事农业作物信息科学研究, E-mail: daijianguo2002@sina.com

通讯作者: 赖军臣, 高级农艺师, 主要从事作物栽培植保与作物信息科学研究, E-mail: lje-hm@163.com

能、系统工程、信息技术等多学科应用于棉花病虫害的监测、预测、灾情评估和防治决策支持对缓解植保专家不足、保障棉花健康生产有着重要的意义。

目前,数字图像和遥感技术逐渐在农作物病虫害识别、监测和灾情评估方面得到广泛应用^[1-11],而在田间诊断和决策支持方面常用的是专家支持系统^[12-16]。目前该系统仍然主要使用基于文字的病虫害检索诊断规则作为推理依据,而描述病虫害症状或形态的文字规则大多为专业术语,这就要求用户必须具备一定的植保知识才能正确使用,对于没有专业知识背景的广大农户来说,在复杂的专业术语描述中输入或选择正确的抽象文字信息比较困难,因此难以被生产一线的农民所掌握,系统的普及推广有一定难度。另外,系统大多基于单机或Web,诊断过程需要计算机终端或网络,前期投资较大,且便携性不好,无法深入田间随时随地为农户服务,影响了该技术的进一步普及。

小巧灵活的移动智能设备具有更好的便携性和更广泛的普及性,不但完全具备运行病虫害诊断专家系统所需的软硬件条件,其便携性优势完全能够满足将“植保专家”请进田间,随时随地提供病虫害诊断服务的要求,因此针对移动智能设备进行专家系统的应用开发逐渐成为研究热点^[17-24]。

本文以棉花病虫害识别规律和诊断方法为研究对象,基于Android智能机构建诊断防治专家系统。系统以图像化、问答式诊断推理流程设计降低诊断难度,通过分析不同用户对棉花病虫害的识别和认知规律设计两种诊断方式,满足不同类型用户的需求。

1 系统总体设计

1.1 开发平台

Android开发环境采用基于eclipse的ADT(Android development tools),源代码管理采用计算机并行版本系统CVS(Concurrent version system),Android SDK要求2.2版本以上。数据库采用Sqlite,用以存储棉花病虫害诊断中涉及到的文本内容,主要包括事实库、推理规则库、基础数据和病虫害图片路径(图片以文件方式存放)。

1.2 需求分析

1.2.1 必要性分析

棉花生产的健康持续发展离不开对其病虫害有效防治的有力支撑。在大田作物病虫害防控体系中,能否正确诊断各种病虫害并适时防治直接影响到防治的成效。因此正确诊断病虫害,抓住最佳时机,采取有效防治措施是对农业技术人员业务素质

的基本要求。但近年来异常的生态环境和多变的病虫害灾害为病虫害防治带来较大困难,特别是一些发生迅猛的突发性病虫害,要求植保人员做出最快反应,把危害及损失降至最小,然而对于病虫害的快速诊断识别、对症下药需经多年专业知识训练的专家才能胜任。但目前我国植保服务体系较为薄弱,植保专家明显不足。基于移动终端的病虫害诊断防治专家系统将人工智能、系统工程、多媒体、网络及移动互联网信息技术等高新技术与农业病虫害及栽培、植保等科学结合,可有效提高植保技术推广手段的信息化,大幅度提高技术推广的效率,对棉花实现高产、优质、高效、生态、安全生产有着重要的意义。

1.2.2 潜在用户分析

该系统潜在用户包括两种:①植保知识比较欠缺的基层农民。系统通过丰富的图片、简洁的文字描述和问答式推理过程帮助该类用户快速识别棉花病虫害,并给出详细的病虫害综合防治方法。②有一定专业知识的农业技术人员。对于农业技术员,该系统既是一个诊断辅助工具,也是一本专业的多媒体技术手册,有助于提高棉花病虫害诊治水平。

1.2.3 诊断方式分析

针对不同技术水平用户提供两种诊断方式:指认式和推理式。如果病虫害特征非常明显,可以采用指认式诊断,用户通过查看发病或受害部位的典型症状图片直接获得诊断结果。如果病虫害特征不明显,可以采用推理式诊断,用户通过查看图片、阅读并回答问题从而完成诊断过程。

1.3 诊断决策树设计

通过对病虫害诊断知识结构的构成分析,采用二叉树检索规则(产生式规则)表示方法对诊断规则进行抽象,形成二叉诊断决策知识树,棉花病害和棉花虫害诊断决策树分别如图1、2所示。

1.4 知识节点与图像的关联设计

利用面向对象技术对诊断决策树中的知识节点进行描述,将诊断的文字规则同相对应的田间典型图像、节点在决策树中的位置信息以及对节点对象的各种方法进行封装。形成了基于图形界面显示的知识表达形式,如图3所示。从而实现了在传统病虫害二叉检索表的基础上与其对应的症状或田间事实图像相耦合,使规则图像化,实现推理过程的可视化。

1.5 数据库设计

该系统数据库共包括5个数据表,其中TypicalImages表存储病虫害典型图片285张;Knowledge表存储事实库,其中病害22种,虫害28种;

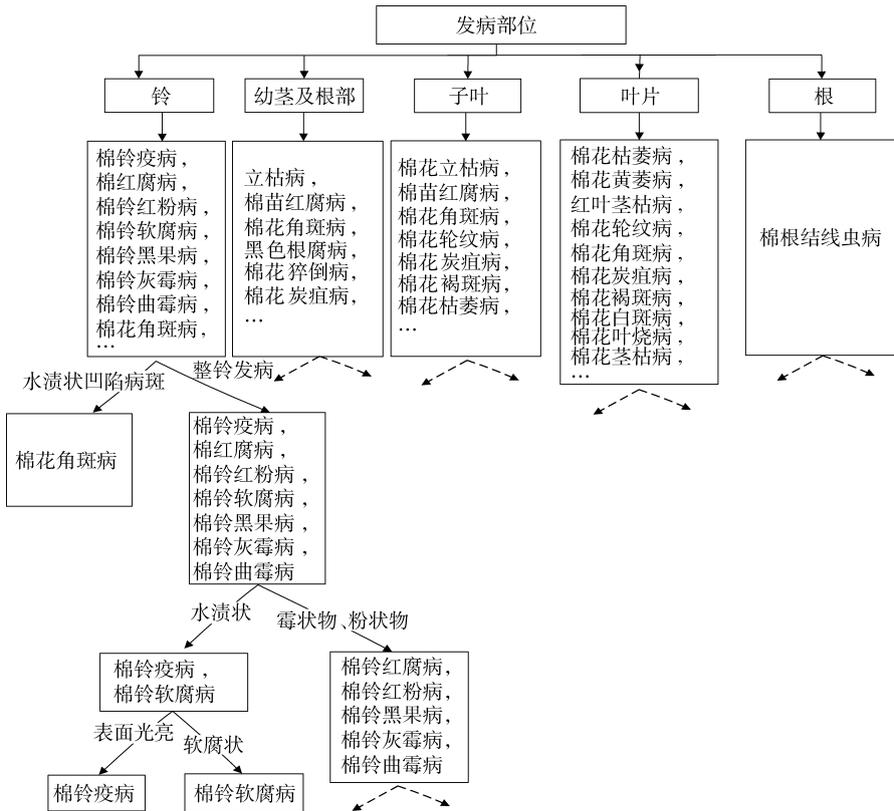


图 1 棉花病害诊断决策树

Fig. 1 Decision tree for diseases

Contents 存储事实库的细节内容, Rules 表存储规则库, 其中包含 116 张规则图片及其规则描述。

数据表的逻辑关系如图 4 所示, 数据表的具体功能如表 1 所示。

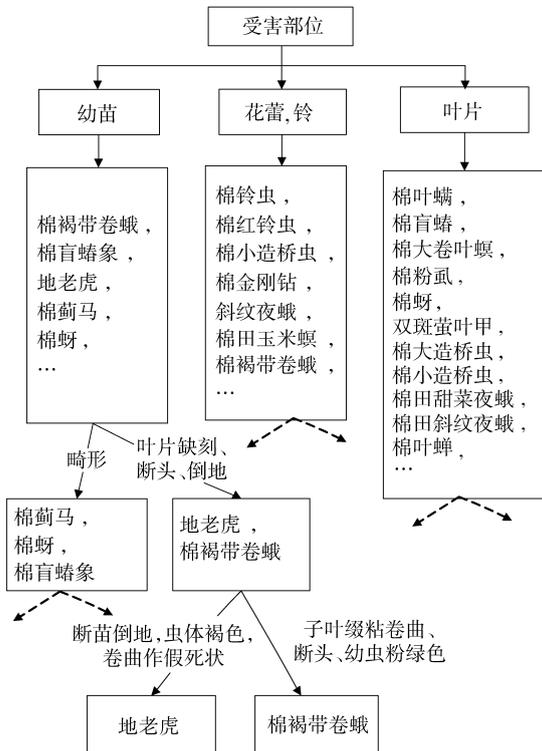


图 2 棉花虫害诊断决策树

Fig. 2 Decision tree for insect pest

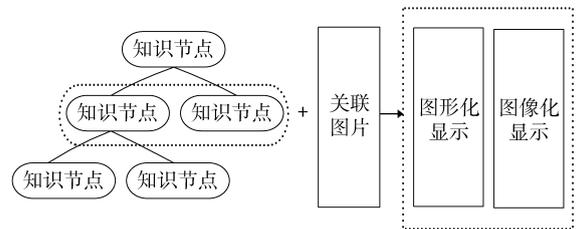


图 3 诊断知识节点的图像化表达

Fig. 3 Node of diagnosis knowledge represented by graphic

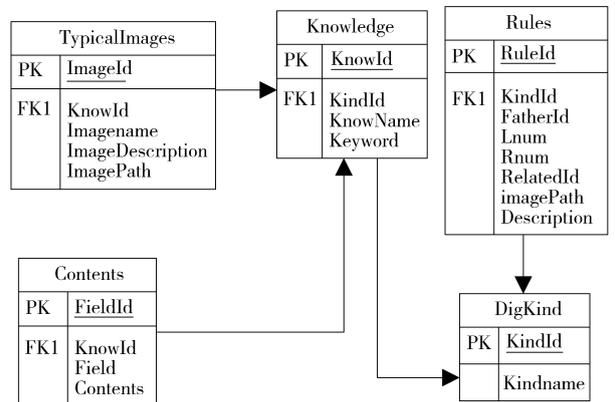


图 4 数据表的逻辑关系

Fig. 4 Relationships of databases

表1 数据表功能

Tab.1 Function explanation of database tables

数据表名称	功能说明
TypicalImages	存储病虫害典型图像的信息,包括所属病虫害种类、图像名称、描述以及图像存储路径
Knowledge	存储病虫害基础信息,包括类别(病害或虫害)、病虫害名称、指认关键字(发病部位和时期)
Rules	存储推理规则信息,包括推理类别(病害或虫害)、父节点、左子规则、右子规则、规则类型、规则描述、规则图像存储路径
Contents	存储病虫害的详细内容,如概述、典型症状、防治方法等
DigKind	存储的信息类别,如病害、虫害等

2 诊断方法设计与实现

2.1 指认式诊断设计

2.1.1 指认式诊断流程

指认式诊断是通过查看棉株受害部位病虫害症状的典型图像与田间遇到的实际情况进行比对,通过点选最为相似的典型病虫害图像,完成诊断过程。诊断流程如图5所示。

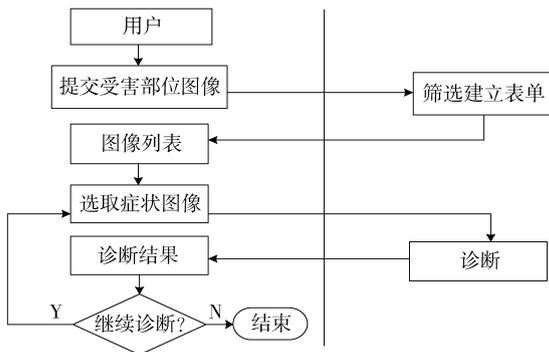


图5 图像化指认式诊断流程图

Fig.5 Identify process based on image

2.1.2 知识节点设计

知识节点是实现指认式诊断的关键,节点内容包括:名称、典型图像、知识描述(病虫害知识描述内容为:病虫害描述、症状、发生规律、防治方法)、发生部位和图像列表(展示病虫害不同时期、不同部位的典型特征,包括图像说明和描述),表2为棉花立枯病的知识节点内容(其中知识描述部分的内容由于太多而没有罗列)。

2.2 推理式诊断设计

2.2.1 推理式诊断流程

系统采用图像化人机交互诊断界面,通过用户点选田间事实图像与专家系统进行一问一答的交流,使诊断过程逐步深入推进,最终诊断出所发生的

表2 立枯病知识节点内容

Tab.2 Main content of damping-off

项目	内容
病害名称	立枯病
发病部位	子叶、幼茎或根
病害典型图像	
不同时期和部位病害图像列表	

病虫害。推理诊断流程如图6所示,步骤如下:

(1)用户进入系统后,系统启动一个新的推理过程,并在界面中显示起始现象的2条子规则信息。

(2)用户根据子规则的典型图像与文字规则描述,选择符合实际情况的子规则,点击进入下一步。

(3)系统根据用户选取的诊断规则,返回2条新的子规则并将关联图像显示在界面中供用户选择。

(4)不断重复步骤(2)、(3),直到用户跟随诊断树的引导推导出最终诊断结果,系统自动连接到病虫害事实库,将病虫害详情以及防治方法等显示在界面中供用户查看。

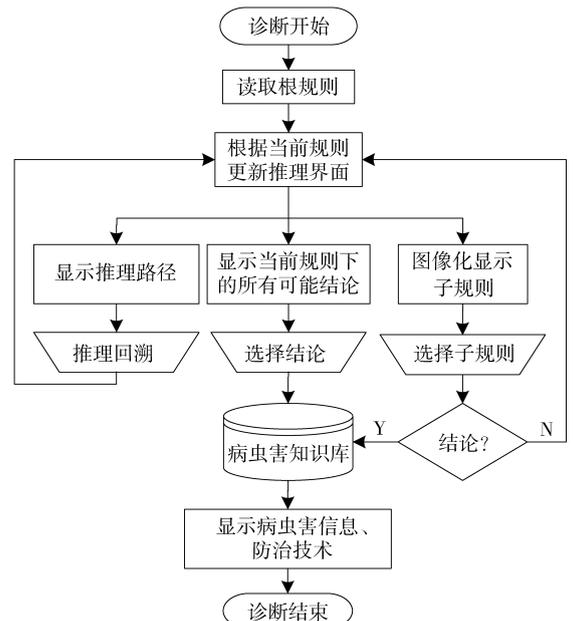


图6 图像化二叉推理诊断流程图

Fig.6 Binary tree inference process based on image

2.2.2 推理机设计

整个推理过程建立在推理决策树之上,为了使用者方便,人机交互时用户只需要选择“是”或者“否”,便可完成推理过程。在决策树构建时,规则节点之间的父子关系(逻辑上的先后关系)预存于节点之中,从而构建预排序二叉树。推理机设计的核心有:

(1)推理节点设计

一个推理节点代表一个推理规则,是预排序二叉树设计的重要内容,也是算法实现的基础。通过分析棉花病虫害诊断专家知识构成,对诊断知识采用二叉树检索规则(产生式规则)表示方法进行抽象。对诊断决策树中的规则节点采用“文字描述+典型图像”的描述方式,并利用面向对象技术将诊断的文字规则、田间典型图像、节点在决策树中的位置信息以及对节点获取的各种方法进行封装,形成易于计算机操作的、基于图形化界面显示的规则表达形式。具体包括:①编号,代表该节点的唯一编号,数字型数据。②父值,该节点的父节点编号,为了在算法中实现推理过程回溯。③左值,为算法中实现结果预测。④右值,为算法中实现结果预测。⑤规则描述,该推理规则的文字描述。⑥规则图片,该规则的典型图片文件名和存储地址。⑦规则类型,用于表示该规则是否为结论(叶子节点为结论),在预排序二叉树中,所有的分支节点是推理的中间规则,所有的叶子是结论规则。

(2)预排序二叉树构建与算法实现

本文采用预排序二叉树算法。预排序二叉树的每个节点不仅存储推理规则,同时存储节点之间的逻辑关系。二叉树中只有度为 0 和度为 2 两种节点,其中度为 2 的节点为非结论型节点,表示该节点下还有子规则,推理将继续进行;度为 0 的节点为结论性节点,表示已得出结论,推理到此结束。预排序二叉树示意图如图 7 所示。

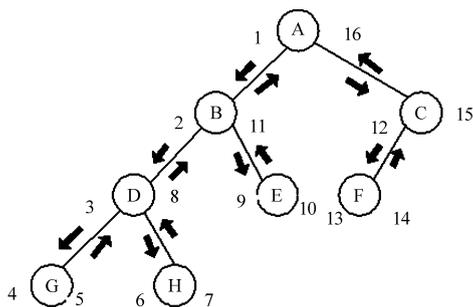


图 7 预排序二叉树

Fig. 7 Modified preorder binary tree

预排序二叉树能够实现推理过程的 3 个算法要求:①二选推理,通过每个规则节点有 2 个子规则节

点实现。②结果预测,某规则下所有的可能结论就是当前节点下所有的叶子节点,数学公式为(其中 X 为当前节点) $\{z \in Z | X_l \leq z_l \leq X_r, z_l = 0\}$ 。③推理过程回溯,回溯某规则的前述推理过程就是获取该规则节点的所有祖先节点,数学公式为 $\{z \in Z | z_l \leq X_l, z_r \geq X_r\}$ 。

(3)预排序二叉树的存储

将规则节点存储为 SQLite 数据库中的表记录,节点中的属性作为表中的字段,采用 SQL 语句通过设定选择条件即可实现遍历、预测、回溯等算法。

2.2.3 基于图像的推理规则设计

推理时首先确定发生期和发生部位,然后鉴别病虫害在棉花和环境留下的直观痕迹特征和粗略外形特征,必要时进一步鉴别虫体或病原菌本身的细微形态特征,最后诊断出病虫害种类,查看发生规律、预测预报及防治方法等信息(图 8)。

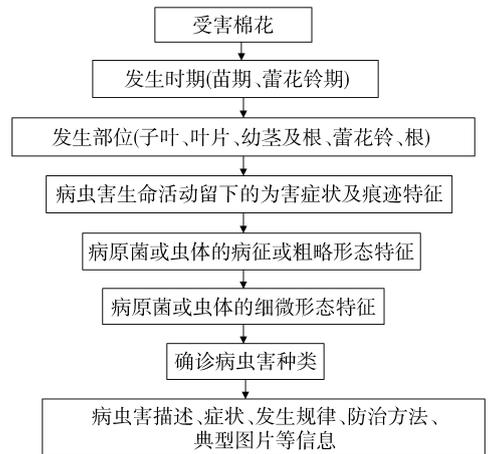


图 8 病虫害诊断规则逻辑结构

Fig. 8 Architecture of diagnostic rules

对收录的棉花病虫害按照上述诊断逻辑进行整理和特征描述,首先将相同发生期内相同发生部位的病虫害进行归类,归类后病虫害类群根据在棉花和环境留下的直观痕迹特征,归纳筛选出相似特征和区别特征进行分级和描述,对直观痕迹特征相似的虫害或病害需要进一步对虫体或病原菌本身的粗略形态特征归纳筛选进行分级和描述,必要时对细微形态特征归纳筛选进行分级和描述。使用 Sqlite 数据管理系统建立棉花病虫害图像规则识别模型,录入病虫害每个诊断步骤的特征描述的文字信息,用“图像地址”字段将对应的特征关联图片有机联系起来,并以特征序号将每个诊断步骤和病虫害文字库的详细信息联系起来,关联图片反映了该规则所要描述的问题特征,用户点击图片就会弹出规则的文字描述(表现为一个问题),用户只需回答“是”或者“否”,即可推动诊断的不断深入,直至得到诊断结果。表 3、4 分别

是以棉苗红腐病和棉花双斑萤叶甲为例分别说明该推理过程。

表3 棉苗红腐病推理过程

Tab.3 Inference process of cotton rose fiber rot

推理步骤	规则描述	规则图片
1	棉花病害推理诊断	
2	危害幼苗	
3	子叶受害	
4	病斑多生于子叶边缘,半圆形或圆形,病斑边缘褐色,不隆起,潮湿时病斑上长粉红色霉状物	

3 运行效果

用户登录系统后显示主界面菜单,如图9所示,分为病害识别、虫害识别、病害推理、虫害推理和GPS定位5部分,其中病害、虫害识别为指认式诊断,病害、虫害推理为推理式诊断。

3.1 指认式诊断

用户根据病虫害发生的情况选择发病时期和发病部位等信息后,软件将给出相应危害的图像列表。用户可以通过辨认列表中的典型症状图像,简便地判定所发生病虫害的名称,并进一步了解该病的详细信息。选择发病部位如图10所示,棉花铃病的典型图像列表如图11所示;图12为棉铃红腐病诊断结果的详细信息,主要包括病虫害的概述、症状、发生规律、防治技术、典型图像5个方面的详实内容,典型图像可根据用户需要放大或缩小。

表4 棉花双斑萤叶甲推理过程

Tab.4 Inference process of *Monolepta hieroglyphica*

推理步骤	规则描述	规则图片
1	棉花虫害推理诊断	
2	危害棉叶或花蕾和铃	
3	危害叶片	
4	叶片被害虫咬成缺刻、孔洞或透明斑	
5	取食叶肉,仅留下表皮,受害叶片呈现不规则透明白斑,严重时形成网状叶脉。害虫为小型甲虫,体长3.6~4.8 mm,棕黄色有光泽,鞘翅淡黄色,每个鞘翅基半部具一近圆形淡色斑,四周黑色	



图9 棉花病虫害诊断专家系统主界面

Fig.9 Main interface of expert system

3.2 推理诊断

推理诊断是通过用户对病虫害现象的判断,引导用户跟随诊断模型逐步得出诊断结果。本系统将棉花病虫害诊断二叉树模型与现象描述典型病症图像相结合,利用新的二叉树遍历算法,使诊断软件具



图 10 发病部位的选择界面

Fig. 10 A snapshot of interface selecting infected part



图 11 铃病图像列表界面

Fig. 11 A list of disease ordered by infected part of boll



图 12 病害诊断结果详情界面

Fig. 12 Screen showing detail of disease

有人机交互友好和诊断准确率高两大优点。为满足用户逐步推理诊断、快速诊断、诊断回溯的不同要求,系统设置了预测结果和推理过程两个特殊功能,用户可根据实际情况灵活选择诊断路径,突出了软件个性化和人性化的特点。

与直接显示病虫害结论的指认式诊断不同,推理诊断是用户根据自己遇到的实际情况点选相应的病虫害症状图像推动诊断过程的进行。由于手机屏幕有限,界面上仅显示推理规则图像,点击图像后显示该规则的文字描述。图 13 为用户选择左侧规则



图 13 棉花虫害推理规则显示界面

Fig. 13 A snapshot of interface using binary tree retrievals

图像后的显示结果。每次选择后,诊断推理选项部分将刷新显示下一步的诊断现象。当诊断模型逐步运行至结论后,点击该结论即可显示病虫害的详细信息。

3.2.1 预测结果

在推理过程中,可以随时列出当前诊断步骤下所有可能的结论(以典型图像方式显示)。如果用户发现和需要诊断的病虫害相似的结论,点击相应图像即可直接跳转到诊断结果显示界面,从而快速完成诊断过程。结论显示界面如图 14 所示。



图 14 当前推理步骤下病害预测结果列表界面

Fig. 14 A list of possible disease by predicted further development of inference process

3.2.2 推理过程

在诊断过程中,用户可以随时查看前面的推理诊断步骤。在推理过程出现可疑情况时,可以通过此功能快速回溯到前面的步骤重新开始诊断,以便检查和确认推理过程与用户遇到的实际情况是否相符,从而得出正确的诊断结论,如图 15 所示。



图 15 当前推理步骤下的推理过程界面

Fig. 15 A list of inference process

3.3 系统测试

分别在实验室(针对开发人员及植保专家)和棉田(针对基层用户)开展了安装运行和诊断应用 2 个测试项目:

(1) 安装运行测试。分别选择了华为、三星、HTC 共 3 个流行品牌的多种常见型号手机进行安装运行测试,全部能够正常安装、流畅运行,在不同屏幕及分辨率下图片及文字皆显示正常。图片能够自动适应屏幕大小,手机屏幕越大、分辨率越高,图像显示效果越好。

(2) 诊断应用测试。由技术员 40 人和棉花种植户 40 人分别进行实地应用测试,在两种诊断方式下,技术员对病虫害正确识别率达到 95% 以上;基层农户采用指认式诊断时对常见病虫害(如棉叶螨、棉蚜等)能够正确识别,对症状相似不太常见的病虫害识别正确率较低,而推理诊断方式可以大大提高不常见病虫害的诊断正确率,测试表明,基层农户推理诊断的正确率达到 90% 以上,发生诊断错误的原因往往是由于农户对于病虫害的表象特征观察错误导致推理错误,如果观察正确,则诊断正确率还会提高。

4 讨论

(1) 传统的农业专家系统虽然在研制和应用方面取得了重大进展,但它面临巨大的发展障碍。如知识获取的“瓶颈”,基本不具备自学习能力,智能水平浅,知识面窄以及缺乏直觉、顿悟等高级智能行为等。因此,突破原有限制,寻求并构筑新的综合集成的农业智能系统技术体系就成为必然。

(2) 农业是一个复杂开放的巨型动态系统,其知识类型也因此相当复杂,这就要求人们在建造实际农业智能系统时,不能完全拘泥于单一的专家系统结构,而应考虑将专家系统与其他技术相结合,如

与人工神经网络(ANN)、Fuzzy 集(FS)、遗传算法(GA)、基于案例推理(CBR)等技术集成,从而成为功能更强的农业智能系统。从应用角度,基于农业多学科知识的集成,构建跨领域的多种处理范型有机协作的综合农业智能系统如 Multi-Agent System(MAS),有助于农业各方面问题的有效解决,这正是农业生产管理所迫切需要的。

(3) 当前,精确农业已成为席卷全球的农业信息技术的热点,现今的精确农业主要采用的是 3S 技术,即 GPS、GIS、RS 技术。随着这种技术的发展,它必将与专家系统(ES)或智能系统(IS)技术、作物生长模拟系统(SS)以及决策支持系统(DSS)技术结合,实现定性与定量的分析决策,进而形成智能化的精确农业技术体系。因此,精确农业技术在将来应该是 4S 或 6S 技术。从农业专家系统的角度看,3S 技术与 ES 的集成,首先缓解了农业专家系统中知识源、数据源的缺乏问题,提供海量的基础数据,为农业专家系统基础数据库、知识库和模型库的建立提供了数据支持;其次,3S 技术提供的数据不仅量大、全面,而且是动态的、可更新的,因而克服了长期以来农业专家系统多是静态的、时效性差、实用性不高的问题,使数据库、知识库、模型库具有强大的生命力;第三,3S 技术提供大范围的信息,这种覆盖面广、全方位的作物生产管理信息(地物信息),为农业专家系统的应用和推广提供了条件。

(4) 系统的特色及创新点。基于图像的推理式棉花病虫害诊断方法能够有效解决在推理过程中人机互动的问题,通过以田间病虫害事实图像为基本的人机交互方式,模拟植保专家诊断棉花病虫害的推理过程,从而实现了诊断推理的可视化。用户在诊断过程中是在系统提示下互动完成的,类似于植保专家现场指导的作用,因此诊断过程中也是一个接受植保专家培训的过程。同时,系统具有以田间病虫害事实图像的形式提前显示可能的诊断结果供用户选择,可提高诊断效率。系统还具有以田间病虫害事实图像的形式记录用户诊断过程的功能,用户可利用它实现诊断的追溯,方便检查和学习。本系统具有的图像化、人机交互式的诊断形式是其创新点,既可作为病虫害诊断工具,又可作为友好、真实、互动的多媒体培训软件,较基于文字规则的病虫害诊断方法,人机交互更为友好,病虫害诊断结果的正确性大大提高,既可以解决生产中病虫害的诊治问题,又可以作为理想的多媒体教学工具。

系统具有良好的可扩展性。由于采用松耦合形式设计病虫害知识库和推理引擎,所构建的预排序二叉树和病虫害知识库是可扩展的,所以在使用过

程中可以不断在推理机上添加新的病虫害,增强系统功能,而使用该推理机的程序却无需做任何修改,所以系统的升级维护非常简单,工作量极小。如果需要扩展到别的作物,只需要进行病虫害知识库、事实库、推理规则和图像的更新,而系统仅需做小幅改动即可完成其他作物病虫害诊断识别的扩展。

系统具有良好的可移植性。由于构建推理机的预排序二叉树具有存储格式自由(既可以使用文本文件存储,如 txt 文件、xml 文件等,也可以使用数据库存储)、计算量小的特点,通过复用推理机和病虫害知识库,使该诊断过程既可以在服务器上实现(通过开发 Web 系统让使用者通过浏览器访问),也可在个人计算机或者其他移动终端上实现,满足不同种类用户的要求。

诊断过程将典型图像与简洁的文字相结合,诊断结论将丰富的图像与大量的文字描述相结合,因此诊断正确率较高。通过推广使用表明,事实库中包含的病虫害诊断正确率可以达到 95% 以上。

诊断知识与规则存储在手机端,使用户在使用时无需网络支持。同时提供了自动更新功能,在系统完成升级发布了新的版本以后,当用户处于网络连接情况下会自动提醒用户更新软件,通过该方法可以在后续的研究中不断更新已有的病虫害知识,扩充当前未能包括的病虫害种类。

5 结束语

本文所设计的棉花病虫害诊断系统以图像为主,采用基于图像和文字相结合的二叉检索推理方法进行棉花病虫害推理诊断,并在推理过程中以田间事实图像的形式提供回溯和预测功能,降低了棉花病虫害识别诊断的专业门槛。通过移植复用推理机和病虫害知识库来提高作物病虫害诊断识别技术的通用性、易用性和易普及性,通过应用于智能移动终端实现良好的便携性,从而很好地解决了目前作物病虫害诊断专家系统在推广普及时遇到的问题。

参 考 文 献

- Lopez O, Rach M M, Migallon H, et al. Monitoring pest insect traps by means of low-power image sensor technologies[J]. *Sensors*, 2012, 12(11): 15801 - 15819.
- Patten T, Li W J, Bebis G, et al. Assessing insect growth using image analysis[J]. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 2011, 20(3): 511 - 530.
- Wen C L, Guyer D. Image-based orchard insect automated identification and classification method[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2012, 89:110 - 115.
- Wulder M A, Ortellep S M, White J C, et al. Monitoring tree-level insect population dynamics with multi-scale and multi-source remote sensing[J]. *Journal of Spatial Science*, 2008, 53(1): 49 - 61.
- Zhang J H, Shi A Y, Wang X, et al. Self-adaptive image reconstruction inspired by insect compound eye mechanism[J]. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2012:125321.
- 宫彦萍, 黄文江, 王纪华, 等. 集成 GIS 和 RS 技术的作物病虫害监测预报研究进展[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(增刊 2): 331 - 336.
Gong Yanping, Huang Wenjiang, Wang Jihua, et al. Progress and application of integrating GIS and RS technology to monitor and forecast crop diseases and pests[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(Supp. 2): 331 - 336. (in Chinese)
- 赖军臣, 李少昆, 明博, 等. 作物病害机器视觉诊断研究进展[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(4): 1215 - 1221.
Lai Junchen, Li Shaokun, Ming Bo, et al. Advances in research on computer-vision diagnosis of crop diseases[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(4): 1215 - 1221. (in Chinese)
- 李卫国, 蒋楠. 农作物病虫害遥感监测研究进展与发展对策[J]. *江苏农业科学*, 2012, 40(8): 1 - 3.
- 明博, 赖军臣, 王娜, 等. 基于图像规则的玉米病害诊断系统的设计与实现[J]. *玉米科学*, 2009, 17(6): 132 - 135.
Ming Bo, Lai Junchen, Wang Na, et al. Design and realization of the maize disease diagnosis system based on image rules[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2009, 17(6): 132 - 135. (in Chinese)
- 王娜, 王克如, 谢瑞芝, 等. 基于 Fisher 判别分析的玉米叶部病害图像识别[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(11): 3836 - 3842.
Wang Na, Wang Keru, Xie Ruizhi, et al. Maize leaf disease identification based on Fisher discrimination analysis[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(11): 3836 - 3842. (in Chinese)
- 张竞成, 袁琳, 王纪华, 等. 作物病虫害遥感监测研究进展[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(20): 1 - 11.
Zhang Jingcheng, Yuan Lin, Wang Jihua, et al. Research progress of crop diseases and pests monitoring based on remote sensing[J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(20): 1 - 11. (in Chinese)
- Devraj, Jain R. PulsExpert: an expert system for the diagnosis and control of diseases in pulse crops[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011, 38(9): 11463 - 11471.
- Lai J C, Ming B, Li S K, et al. An image-based diagnostic expert system for corn diseases[J]. *Agricultural Sciences in China*, 2010, 9(8): 1221 - 1229.
- 刘向锋, 孟志军, 陈竞平, 等. 作物病虫害信息采集与远程诊断系统设计与实现[J]. *计算机工程与设计*, 2011, 32(7):

- 2361 - 2364, 2408.
- Liu Xiangfeng, Meng Zhijun, Chen Jingping, et al. Design and implementation of crop diseases and pests information collecting and diagnostic system[J]. Computer Engineering and Design, 2011, 32(7): 2361 - 2364, 2408. (in Chinese)
- 15 刘孝永, 王未名, 封文杰, 等. 病虫害专家系统研究进展[J]. 山东农业科学, 2013, 45(9): 138 - 143.
- Liu Xiaoyong, Wang Weiming, Feng Wenjie, et al. Research progress of pest expert system [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2013, 45(9): 138 - 143. (in Chinese)
- 16 周小燕, 史岩, 李道亮, 等. 棉花病虫害诊断专家系统的研究与设计[J]. 莱阳农学院学报, 2005, 22(1): 9 - 11.
- Zhou Xiaoyan, Shi Yan, Li Daoliang, et al. Design of cotton diseases diagnosis expert system[J]. Journal of Laiyang Agricultural College, 2005, 22(1): 9 - 11. (in Chinese)
- 17 Wang K Y, Zhang S F, Wang Z B, et al. Mobile smart device-based vegetable disease and insect pest recognition method[J]. Intelligent Automation and Soft Computing, 2013, 19(3): 263 - 273.
- 18 陈大鹏, 毛罕平, 左志宇. 基于 Android 手机的温室环境远程监控系统设计[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(9): 375 - 379.
- 19 李健. 基于 Android 的病虫害推理诊断系统的设计研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(11): 5148 - 5150.
- Li Jian. Research on diagnosis system based on Android for inference for plant diseases and insect pests on crops[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(11): 5148 - 5150. (in Chinese)
- 20 宁宁, 王玉洁, 韩宝平. 基于 Android 平台的植物病虫害查询诊断系统的构建[J]. 北京农学院学报, 2013, 28(3): 75 - 77.
- Ning Ning, Wang Yujie, Han Baoping. Construction of retrieval and diagnose system for plant diseases and pests based on android[J]. Journal of Beijing University Agriculture, 2013, 28(3): 75 - 77. (in Chinese)
- 21 尚明华, 秦磊磊, 王风云, 等. 基于 Android 智能手机的小麦生产风险信息采集系统[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 178 - 182.
- Shang Minghua, Qin Leilei, Wang Fengyun, et al. Information collection system of wheat production risk based on Android smartphone [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(5): 178 - 182. (in Chinese)
- 22 王霓虹, 王超亮. 移动智能体在森林病虫害专家系统中的应用研究[J]. 森林工程, 2008, 24(2): 9 - 11, 50.
- Wang Nihong, Wang Chaoliang. Application research on mobile agent in expert system of forest diseases and pests[J]. Forest Engineering, 2008, 24(2): 9 - 11, 50. (in Chinese)
- 23 杨林楠, 郜鲁涛, 林尔升, 等. 基于 Android 系统手机的甜玉米病虫害智能诊断系统[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18): 163 - 168.
- Yang Linnan, Gao Lutao, Lin Ersheng, et al. Intelligent diagnose system of diseases and insect pests in sweet corn based on mobile terminal with Android system[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(18): 163 - 168. (in Chinese)
- 24 郭文川, 周超超, 韩文霆. 基于 Android 手机的植物叶片面积快速无损测量系统[J]. 农业机械学报, 2014, 45(1): 275 - 280.
- Guo Wenchuan, Zhou Chaochao, Han Wenting. Rapid and non-destructive measurement system for plant leaf area based on Android mobile phone[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(1): 275 - 280. (in Chinese)