

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.12.037

# 基于 Web 的黄瓜病害诊断系统设计\*

温皓杰<sup>1</sup> 张领先<sup>1</sup> 傅泽田<sup>1</sup> 李鑫星<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学工学院, 北京 100083)

**【摘要】** 设计了基于 Web 的黄瓜病害诊断系统,用户在输入病害症状信息的过程中不必进行数字的选择和输入,只需在相似症状上打勾,以实现专家系统源信息需求最简化的目标。该系统以产生式规则作为知识表示方法,采用数值诊断与 RBR 规则推理相结合的推理机制,应用病害可信度来判断诊断结果准确性,引入症状示病数以保证诊断结果的唯一性,提高了单纯使用数值诊断法诊断的效率。

**关键词:** 黄瓜 病害诊断 数值诊断 基于规则推理

**中图分类号:** S431.192 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)12-0178-05

## Disease Diagnosis System Design for Cucumber Based on Web

Wen Haojie<sup>1</sup> Zhang Lingxian<sup>1</sup> Fu Zetian<sup>1</sup> Li Xinxing<sup>2</sup>

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

### Abstract

Aimed at the difficulty of disease diagnosis caused by the weakness of information receptivity of local farmer in our country, a diagnosis system for cucumber disease was designed based on website. Users just need to check similar symptoms, but not to face to numbers in diagnosing process, that means to simplify the general information that expert systems need. This system used production as the knowledge representation method, and adopted quantitative diagnosis combining with rule-based reasoning (RBR) as reasoning mechanism, the result's accuracy was judged by its credibility and uniqueness by numbers of symptoms related with diseases. The efficiency of quantitative diagnosis was improved by RBR.

**Key words** Cucumber, Diseases diagnosis, Quantitative diagnosis, Rule-based reasoning

## 引言

长期以来,我国黄瓜病害防治主要依靠化学防治,而化学农药大量使用带来的产品农药残留超标、人畜中毒等问题日益受到社会的关注。黄瓜种植户的知识需求和专家的知识供给间存在技术供给断层<sup>[1]</sup>,致使专家的知识经验并不能有效地为广大菜农服务。目前,国内外有关疾病诊断类的专家系统研究已趋于成熟。然而,已有的专家系统<sup>[2~8]</sup>都要求大量高精度的源数据以确保诊断结果的准确性,而复杂的学习过程造成了文化素质较低的基层菜农

在使用上的困难,不便于专家系统的推广。

基于国内外研究现状和菜农的实际需求,本文设计基于 Web 的黄瓜病害诊断系统,以产生式规则作为知识表示方法,采用数值诊断与 RBR 相结合的推理机制,引入病害可信度判断诊断结果准确性,应用症状示病数保证诊断结果唯一性。

## 1 系统设计

### 1.1 系统整体设计

#### 1.1.1 系统体系结构

系统采用 B/S(浏览器/服务器)3 层网络体系

收稿日期:2009-11-04 修回日期:2010-05-07

\* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD10A07-02)

**作者简介:** 温皓杰,博士生,主要从事农业信息化技术研究, E-mail: S08111446@cau.edu.cn

**通讯作者:** 傅泽田,教授,博士生导师,主要从事农业信息化技术研究, E-mail: fzt@cau.edu.cn

结构,即客户层、应用层和数据源层<sup>[8]</sup>。客户层即 Web 浏览器,提供诊断系统人机交互界面,包括黄瓜相关知识查询、病害数据表单的提交、诊断结果以及防治方法等信息。用户通过浏览器运行诊断系统,实现了客户端的零安装。应用层即 Web 服务器,主要进行应用处理任务,包括处理客户端发出的黄瓜病害诊断请求,通过推理程序与数据库服务器链接,实现文字与图片显示。数据源层主要处理应用层对数据的请求,包括对黄瓜病害案例数据库、知识库以及信息数据的存取和访问。

### 1.1.2 系统结构与功能设计

系统为利用专家知识对黄瓜病害进行诊断的专家系统,系统结构包括知识库、推理机、疾病防治模块和知识浏览模块,系统功能包括用户注册管理、黄瓜相关知识浏览、黄瓜病害诊断及其防治方法等(图 1)。

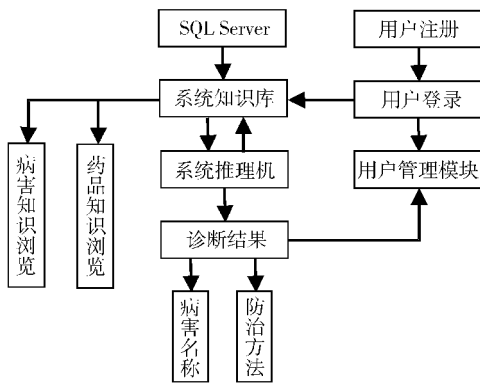


图 1 系统结构与功能示意图

Fig. 1 Structure and function of the system

### 1.2 知识库设计

设计黄瓜病害症状知识库<sup>[9]</sup>:通过查阅大量书籍、文献,并征求 3 位黄瓜病害领域专家意见设计调查问卷,将黄瓜病害症状按部位及生长周期分为 20 大类共 79 项,病害种类 18 项<sup>[10]</sup>,每种症状在疾病中所占分值由专家打分的形式给出,具体实施步骤如下:

(1) 组成专家小组,人数为 3 人,即上述 3 位黄瓜病害领域专家,将问卷分发给 3 位专家独立打分,打分区间为 [0.0, 1.0],并根据模糊数学隶属度法大致规定:完全可能为 1,非常可能为 [0.9, 1) 和很可能为 [0.7, 0.9),可能为 [0.5, 0.7),有点可能为 [0.3, 0.5),有很小可能为 (0, 0.3],不可能为零。

(2) 将所有专家的打分结果收集起来,汇总,屏蔽完全一致项并再次分发给各位专家,以便做第 2 次修改。这一过程重复进行,直到第 5 轮每个专家均不再改变自己的意见。在向专家进行反馈的时候,只给出各种意见,但并不说明发表各种意见的专

家的具体姓名。

(3) 汇总第 5 次调查问卷发现,专家打分结果不存在重大差异。汇总前 4 次屏蔽的完全一致项,对第 5 次汇总结果进行处理:不完全一致项依据多数原则,完全不一致项进行平均化处理。统计每种症状对应的病害个数,作为该症状的示病数。

(4) 将评分结果进行归一化处理

$$y = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

其中  $x_{\max} = 1$   $x_{\min} = 0$

式中  $x$ ——汇总并处理后的分值

$y$ ——归一化处理后的分值

为方便计算,将分值区间标准化为 0 ~ 25,由  $z = y(y_{\max} - y_{\min})$  得出标准化分值  $z$ ,其中  $y_{\max} = 25$ ,  $y_{\min} = 0$ 。由于知识库中分值字段均为整型,故需舍弃分值  $z$  的小数部分。

建立症状表现集合  $S_{\text{symptoms}} = \{S_1, S_2, \dots, S_{79}\}$ ,病害集合  $D_{\text{disease}} = \{D_1, D_2, \dots, D_{18}\}$ ,其中  $D_j (j = 1, 2, \dots, 18)$  代表第  $j$  个黄瓜病害(表 1),  $S_i (i = 1, 2, \dots, 79)$  代表第  $i$  个黄瓜病害症状(表 2)。用户输入症状集合  $S_X = \{s_1, s_2, \dots, s_x\}$ ,按照搜索算法,从知识库中以  $S_X$  为关键字搜索出诊断结果并将其输出。

表 1 黄瓜叶类症状“褪绿,生(黄或褐)斑”对应病害及其分值

Tab. 1 Diseases and the value for cucumber symptoms “leaf: chlorotic, foxy”

病害编号	病害名称	分值
$D_1$	霜霉病	10
$D_3$	角斑病	5
$D_4$	炭疽病	5
$D_{16}$	靶斑病	5
$D_{17}$	叶斑病	5
示病数		5

表 2 黄瓜靶斑病症状及其分值

Tab. 2 Symptoms and the value for target spot of cucumber

类	症状编号	症状	示病数	分值
叶	$S_9$	褪绿,生(黄或褐)斑	5	5
叶	$S_{14}$	斑生灰霉	2	5
叶	$S_{16}$	斑心灰白或灰褐	2	5
叶	$S_{19}$	斑形椭圆或不规则	2	5
叶	$S_{20}$	斑连片致叶枯	1	15
总分				35

根据上述总结出的黄瓜病害知识规则,为便于在计算机中存储、检索、使用和修改,采用目前专家系统中应用成熟的产生式规则表示方法。例如,黄瓜病害诊断规则库中有一条产生式规则:

$E = \{ S_9: \text{叶: 褪绿, 生(黄或褐)斑 } 5 \}$  and  $\{ S_{14}: \text{叶: 斑生灰霉 } 5 \}$  and  $\{ S_{16}: \text{叶: 斑心灰白或灰褐 } 5 \}$  and  $\{ S_{19}: \text{叶: 斑形椭圆或不规则} 5 \}$  and  $\{ S_{20}: \text{叶: 斑连片致叶枯 } 15 \}$  THEN  $\{ D_{16}: \text{靶斑病 } 35 \}$  WITH  $\{ T_{16}: \text{①清洁菜园, 拔除病株。②轮作倒茬 } 2 \sim 3 \text{ 年。③采用抗病品种。④加强棚室通风。⑤发病初期喷洒 } 45\% \text{ 百菌清, } 50\% \text{ 多菌灵 } 500 \text{ 倍液。} \}$

1.3 数值诊断与RBR相结合的推理机制

数值诊断法是应用知识工程处理方法,将病害症状量化为诊断数值,在诊断中用模糊识别、经简单加减运算求和,以得出诊断结果的一种简便、快速、诊断准确率高的诊断算法<sup>[11]</sup>,在下列情况下会出现多个数值相近的诊断结果:疾病初期症状不明显或症状太少;疾病后期,症状较多。系统推理机制采用数值诊断<sup>[12]</sup>与RBR相结合的推理方式对数值诊断法进行改进,RBR规则推理可以对数值诊断的诊断结果进行修正,以保证诊断结果的唯一性。例如,当用户输入症状较少时,利用数值诊断的方法可能得出多种分值相同的疾病,而RBR规则推理可以利用用户输入症状判断示病数,使诊断结果唯一。

用户通过选择黄瓜病害症状为诊断推理提供必要的条件,系统以此为前提进行数值诊断,并计算诊断结果的可信度,当可信度大于60%时可以认为诊断结果准确<sup>[13]</sup>,若诊断结果准确且唯一则输出;否则返回RBR规则推理,根据用户输入症状判断示病数,若有示病数为1的症状,即可得出唯一诊断结果。其基本原理如图2所示。

建立黄瓜症状-病害矩阵  $S_{D} = (S_{\text{symptoms}}^-, D_{\text{disease}}^-) = \{ a_{ij} \}$ ,其中行向量为症状表现集合  $S_{\text{symptoms}}^- = \{ S_1, S_2, \dots, S_{79} \}$ ,列向量为黄瓜病害集合  $D_{\text{disease}}^- = \{ D_1, D_2, \dots, D_{18} \}$ ,矩阵中元素  $a_{ij}$ 为症状  $S_i$ 在疾病  $D_j$ 中所占分值。如叶类症状-病害矩阵中行向量  $S =$

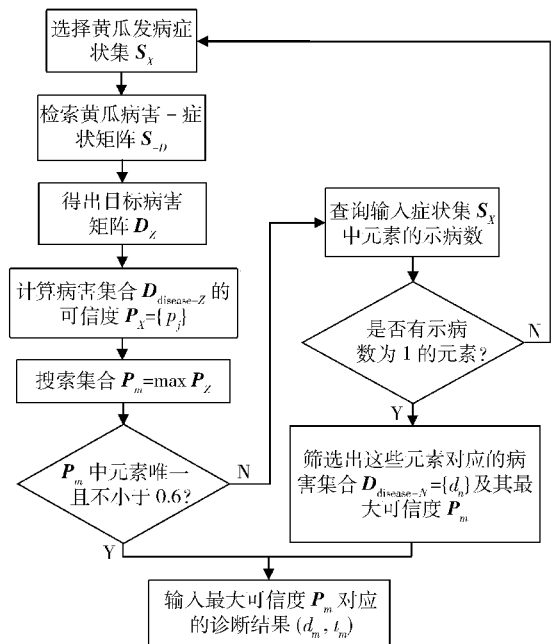
$$S_{D} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 10 & 5 & 0 & 10 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 5 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 15 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 10 \end{pmatrix}$$


图2 系统推理机制

Fig. 2 Reasoning mechanism for the system

$\{ S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{15}, S_{16}, S_{17}, S_{18}, S_{19}, S_{20}, S_{21} \} = \{ \text{叶: 黄; 叶: 中午焉, 早晚不焉; 叶: 卷曲或穿孔或枯死; 叶: 枯而不落; 叶: 褪绿且生(黄或褐)斑; 叶: 圆斑大于 } 15 \text{ mm; 叶: 斑生: 黑颗粒; 叶: 斑生: 白或灰白粉; 叶: 斑生: 黑点; 叶: 斑生: 灰霉; 叶: 斑心: 凸糙黄白斑, 缘色暗; 叶: 斑心: 灰白或灰褐; 叶: 斑干: 青白色易破; 叶: 斑: 薄如纸; 叶: 斑: 椭圆或不规则; 叶: 斑: 连片致叶枯; 叶: 斑界: 明显或不明显} \}$ ,列向量  $D = \{ D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8, D_9, D_{10}, D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{14}, D_{15}, D_{16}, D_{17}, D_{18} \} = \{ \text{霜霉病, 白粉病, 角斑病, 炭疽病, 灰霉病, 黑星病, 枯萎病, 蔓枯病, 病毒病, 疫病, 白绢病, 菌核病, 根线虫, 斑点病, 黑斑病, 靶斑病, 叶斑病, 根腐病} \}$ ,则有矩阵

推理算法如下:

(1) 根据用户在相应症状上打勾生成症状集合

$$S_x = \{s_x\}。$$

(2) 在  $S_D$  中检索  $S_x$  元素, 即  $s_y, y \in X$ , 检索得到目标病害矩阵  $D_z = \{b_{ij} | i \in X, j \in Z\}$  及目标病害集合  $D_{disease-Z} = \{d_j | j \in Z\}$ 。

(3) 确定病害集合  $D_{disease-Z}$  的可信度集合  $P_z = \{p_j | j \in Z\}$ , 其中  $p_j$  为病害  $d_j$  的可信度, 其计算式为

$$p_j = \frac{\sum_{i \in x} b_{ij}}{q_j} \quad (1)$$

其中  $q_j$  为黄瓜病害  $d_j$  的总分值, 其值已存在于知识库中。

(4) 搜索病害集合  $D_{disease-Z}$  最大可信度集合

$$P_m = \max \{P_z\} \quad (2)$$

(5) 如果  $P_m$  集合中元素唯一且大于等于 0.6 则转步骤(8); 否则继续。

(6) 判断用户选择症状集合  $S_x$  的  $R_x = \{r_y | y \in X\}$ 。其中  $R$  为症状  $S$  的示病数, 代表出现该症状时黄瓜可能得的病害数, 其值已存在于知识库中。

如果用户输入症状集合  $S_x$  中没有示病数为 1 的元素则转步骤(1), 请用用户重新输入症状; 否则继续。

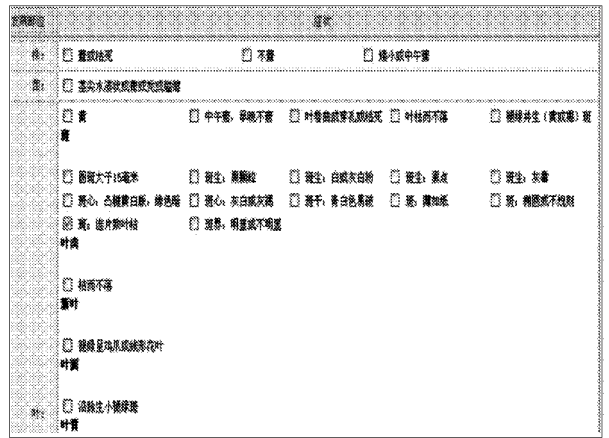
(7) 筛选出  $r_i = 1 (i \in X)$  的症状  $S$  对应的病害集合  $D_{disease-N} = \{d_n | r_i = 1\} (n \in Z)$ 。由式(1)和式(2)可得到病害集合  $D_{disease-N}$  的最大可信度  $p_m$ 。

(8) 输出最大可信度  $p_m$  对应的诊断结果  $(d_m, t_m)$ ; 其中  $t_m$  为疾病  $d_m$  的防治方法, 两者一一对应, 其信息已存在于知识库中。

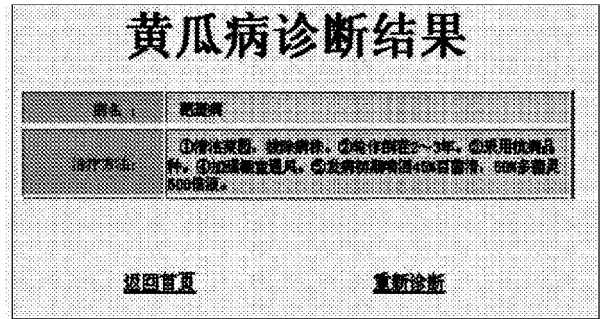
## 2 系统实现

以 MyEclipse 6.0 为系统设计工具, SQL Server 2000 为数据库开发工具, 利用 JAVA 技术实现了基于 Web 的黄瓜病害诊断系统。下面以靶斑病的诊断过程为例, 简述系统诊断推理过程。

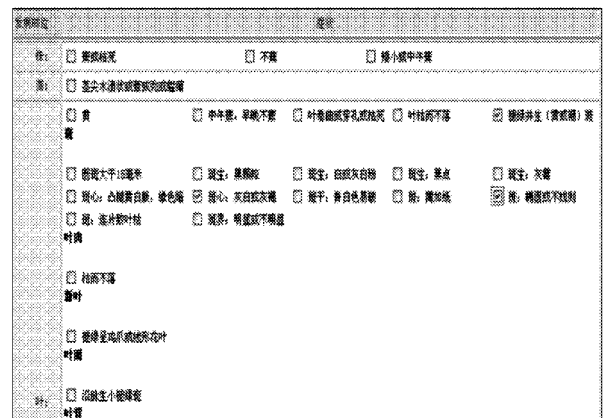
知识库中靶斑病的产生式规则为:  $E = \{ S_9: \text{叶: 褪绿, 生(黄或褐)斑} \}$  and  $\{ S_{14}: \text{叶: 斑生灰霉} \}$  and  $\{ S_{16}: \text{叶: 斑心灰白或灰褐} \}$  and  $\{ S_{19}: \text{叶: 斑形椭圆或不规则} \}$  and  $\{ S_{20} \}$  THEN  $\{ D_{16}: \text{靶斑病} \}$  WITH  $\{ T_{16}: \text{①清洁菜园, 拔除病株。②轮作倒茬 2~3 年。③采用抗病品种。④加强棚室通风。⑤发病初期喷洒 45\% 百菌清, 50\% 多菌灵 500 倍液。} \}$ 。当用户仅选择了症状“ $S_{20}$ : 叶: 斑连片致叶枯”时(图 3(a)), 根据式(1)计算出诊断结果可信度  $p$  为 0.428, 小于 0.6, 判断症状  $S_{20}$  的示病数为 1, 得出唯一诊断结果, 诊断成功(图 3b)。



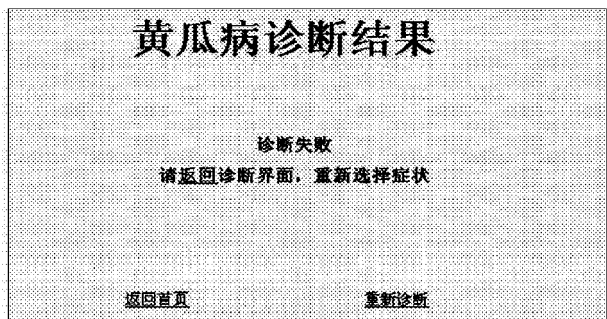
(a)



(b)



(c)



(d)

图 3 黄瓜病害诊断系统

Fig. 3 Interface of cucumber disease diagnosis system

- (a) 选择界面 1 (b) 结果界面 1
- (c) 选择界面 2 (d) 结果界面 2

当用户选择其中 3 个症状“ $S_9$ : 叶: 褪绿, 生(黄或褐)斑”、“ $S_{16}$ : 叶: 斑心灰白或灰褐”和“ $S_{19}$ : 叶: 斑形椭圆或不规则”时(图 3c), 根据式(1)和式(2)得

出病害集合  $D_{\text{disease-z}} = \{d_{16}, d_{17}\}$  的最大可信度  $p_{16}$ 、 $p_{17}$  均为 0.428 且小于 0.6, 用户输入症状中没有示病数为 1 的元素, 系统显示诊断失败(图 3d)。

### 3 结束语

将复杂的黄瓜病害诊断知识结构化、系统化、规则化后作为本系统开发的知识源, 以此为前提设计

诊断界面, 使面向用户的诊断在搜集源信息的过程中不涉及数字的选择和输入, 减少了源数据的主观性。同时, 将 RBR 规则推理运用到数值诊断中, 应用病害可信度判断诊断结果准确性, 引入症状示病数保证诊断结果唯一性, 提高了诊断的效率。系统基于 Web 界面, 可为基层菜农提供快速、准确的智能查询服务。

### 参 考 文 献

- 周小燕. 棉花病害诊断专家系统研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.  
Zhou Xiaoyan. An expert system for cotton diseases diagnosis [D]. Beijing: China Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- Gunjan Mansingh, Han Reichgelt, Kweku-Muata Osei Bryson. CPEST: an expert system for the management of pests and diseases in the Jamaican coffee industry[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(1): 184 ~ 192.
- 贺桂欣, 王久兴, 曹志刚, 等. 蔬菜病虫害辅助诊断系统的设计与实现[J]. 山东农业大学学报, 2007, 38(1): 58 ~ 63.  
He Guixin, Wang Jiuxing, Cao Zhigang, et al. Design of assisting diagnosis system of vegetable pests[J]. Journal of Shandong Agricultural University, 2007, 38(1): 58 ~ 63. (in Chinese)
- 周健, 罗新方. 基于 Web 的蔬菜栽培专家系统的实现[J]. 微计算机信息, 2007, 23(6~3): 237 ~ 239.  
Zhou Jian, Luo Xinfang. Implementation of the Web-based expert system of vegetable plantation [J]. Microcomputer Information, 2007, 23(6~3): 237 ~ 239. (in Chinese)
- 刘树文, 王庆伟, 何东健, 等. 基于模糊神经网络的葡萄病害诊断系统研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 144 ~ 147.  
Liu Shuwen, Wang Qingwei, He Dongjian, et al. Grape disease diagnosis system based on fuzzy neural network [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(9): 144 ~ 147. (in Chinese)
- 牛贞福, 杨信廷, 寿森炎, 等. 黄瓜病虫害诊断专家系统知识组织的研究与设计[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(1): 33 ~ 35.  
Niu Zhenfu, Yang Xinting, Shou Senyan, et al. Research on knowledge construct of cucumber diseases and insect pests diagnosis expert system[J]. System Science and Comprehensive Studies in Agriculture, 2004, 20(1): 33 ~ 35. (in Chinese)
- 陈步英. 基于 Web 的黄瓜病虫害专家系统的开发与应用[J]. 农机化研究, 2007, 29(3): 159 ~ 161.  
Chen Buying. The research and application of diseases and insects pests expert system of cucumber based on Web [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007, 29(3): 159 ~ 161. (in Chinese)
- 刘明辉, 沈佐锐, 高灵旺, 等. 基于 WebGIS 的农业病虫害预测预报专家系统[J]. 农业机械学报, 2009, 40(7): 180 ~ 186.  
Liu Minghui, Shen Zuorui, Gao Lingwang, et al. Expert system based on WebGIS for forecast and prediction of agricultural pests [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(7): 180 ~ 186. (in Chinese)
- 李鑫星, 张领先, 傅泽田, 等. 棉花虫害诊断系统的设计与 Web 实现[J]. 农业工程学报, 2009, 25(增刊 2): 208 ~ 212.  
Li Xinxing, Zhang Lingxian, Fu Zetian, et al. Design and implementation of pest diagnosis system for cotton based on Web [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(Supp. 2): 208 ~ 212. (in Chinese)
- 张信, 赵国防, 王琦, 等. 植物病害数学诊断与防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 176 ~ 180.
- 赵国防, 陈德芬, 柴慈江, 等. 植物病害数值诊断法及其应用前景[J]. 天津农学院学报, 2001, 8(2): 38 ~ 43.  
Zhao Guofang, Chen Defen, Chai Cijiang, et al. Quantitative diagnostics for plant diseases and prospect of use [J]. Journal of Tianjin Agricultural College, 2001, 8(2): 38 ~ 43. (in Chinese)
- 邢斌, 李道亮, 段青玲. 基于数值诊断与案例推理相结合的牛病诊断专家系统[C] // 中国畜牧兽医学会信息技术分会学术年会, 2008: 57 ~ 63.
- 徐云, 梅红, 林莉, 等. 茶树病害诊断与防治专家系统研制[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(2): 93 ~ 96, 100.  
Xu Yun, Mei Hong, Lin Li, et al. The study and exploitation of diagnosed and controlled of tea disease's expert system [J]. System Science and Comprehensive Studies in Agriculture, 2003, 19(2): 93 ~ 96, 100. (in Chinese)
- 李鑫星, 傅泽田, 张领先. 农业病虫害远程诊断与知识呼叫中心系统[J]. 农业机械学报, 2010, 41(6): 153 ~ 157.  
Li Xinxing, Fu Zetian, Zhang Lingxian. Call center system for agricultural knowledge based on remote diagnosis of pests and diseases [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(6): 153 ~ 157. (in Chinese)