

案例十七 病害远程诊断与防治靠谱吗？

贺字典

一、案例材料

1、[农广天地]蔬菜病虫害远程诊断技术(20150128)

蔬菜病虫害远程诊断技术，就是针对大棚蔬菜的病虫害，由声、文、图、像等多媒体信息组成的远程检索和咨询的网络技术系统。这项技术应用了信息技术中的计算机网络技术、多媒体技术和通信技术，将高速网络和数据库相结合，应用于蔬菜病虫害远程咨询和诊断。

该片主要讲述了山东省寿光市蔬菜病虫害远程诊断系统概念：植保大典、远程视频服务，管理预警三大功能。以及这套系统的及时性、准确性等优点。这套系统可分为：系统网站、专家系统、客户端系统三大部分。该片最后还详细地讲述了蔬菜病虫害远程诊断技术，使用方法。

2、兰州启动农业远程视频诊断系统

2011年4月25日，甘肃省兰州市农委主持建设的兰州农业远程视频诊断系统正式开通，兰州市农委已建设远程视频点40个，期间接受农作物病害远程视频诊断219次，为农民挽回病虫害造成的经济损失40多万元。运用远程视频系统举办农业技术培训讲座等十余期，培训600多人。随着推进“数字兰州”建设、提高机关效能建设的的具体举措，精心布点和推进，不断的优化软硬件系统，扎实的完成每一个细节的工作。这个系统的开通代表着西北地区首家实现农民在家门口与农业专家远程交流方式的实现，为农业病虫害诊断、农业技术培训等带来创新的方式。

3、上海验收“蔬菜主要病虫害网络化远程诊断技术”项目

2007年1月23日记者在上海农科院生态所看到，办公室里的电脑正忙着望闻问切，蔬菜生病了，电脑来“会诊”，帮助远在崇明的菜农杀虫治病。这就是上海市农科院和上海交通大学等共同开发的蔬菜主要病虫害网络化远程诊断技术。作为上海市重大科技攻关项目，该成果刚刚通过专家验收。

项目组长、上海市农科院生态所研究员王冬生告诉记者，蔬菜主要病虫害网络化远程诊断技术拥有两大“智囊团”——专家系统和会诊系统。这能让任何一台电脑随时变成“病虫害专家”。专家系统指蔬菜病虫害诊断决策和防治系统。普通农户只要会上

网，免费注册登录“专家门诊”后，就自动进入蔬菜病虫害辅助诊断软件和图像查询系统。拉动选择框，点击虫害条目，或者上传田间灾害照片，电脑就会开出一张张“病历单”。按照上面的诊断说明，农药类别和剂量，菜农只要“对症下药”，喷洒农药既准确又节省。目前，“专家门诊”容纳了 10 万条蔬菜病虫害信息，能对十字花科蔬菜、茄果类等 8 大类蔬菜近 500 种常见病害进行诊断。而且，病毒库还时时更新，保证蔬菜就诊的准确率达 90%以上。

4、2016 年《农资与市场》刊发了题为“病虫害互联网远程诊断是个伪命题？”的大讨论

支持病虫害远程诊断的正方认为远程诊断是很多人的一种期盼，农医生 APP 做得有模有样就是一个验证；其次，实际上对远程诊断最渴望的这些人大多数是经销商、厂家业务员等，真正的农民占比很小；第三，这些最关注远程诊断的人自身有一定农业技术经验或意识，也就是有或多或少的诊断能力，借助于远程诊断上的相关信息，或许能够对它们自己的诊断结果有所帮助。因此，远程诊断其实是经销商、业务员为主的一种参考工具。反对方则认为农户有多少需要过程诊断的病虫害？过程诊断到底有多不靠谱？症状描述不全，照片不清，更没有前因后果，让医生如何不抓狂？更别说靠图片库自动甄别。医生说不出所以然，或者说的不到位，提问者的新鲜劲一过就没有热情了。三是医生从哪里来？如何有积极性？各自做自己的广告，又怎么办？答案不统一如何裁决？虽然，总能找到更解决办法，而且别的行业也有借鉴之道，但需求不旺是根本缺陷。所以，远程诊断是个很吸引人的伪命题。

二、案例分析



图 1 番茄幼叶上卷黄化

图 2 番茄矮化、叶片变小、变黄

2010年河北科技师范学院番茄育种基地出现了一种新病害。番茄植株感病初期主

要表现为植株生长迟缓或停滞、节间变短、明显矮化，叶片变小、变厚、叶质脆硬、有褶皱、向上卷曲、变形，叶片边缘至叶脉区域黄化，以植株上部叶片症状典型，下部老叶症状不明显（图1、图2）。植株感病后期坐果很少，果实变小，膨大速度极慢，成熟期的果实不能正常转色（图3）。番茄黄化曲叶病毒(tomato yellow leaf curl virus, TYLCV)病是一种世界性病害，分布极其广泛，危害十分严重。目前已给美国、以色列、埃及、澳大利亚等国的番茄生产造成严重损失，我国广东、广西、台湾、上这种病害自2005年9月以来，在江苏、南京、无锡、上海、安徽等番茄产区相继发现了一种新的病毒病，2008年11月河北省魏县、馆陶县发现零星发病地块，2009年迅速蔓延到邯郸、邢台、石家庄、衡水、沧州、保定、唐山等地区，2010年秦皇岛地区番茄上大面积发生。该病对番茄植株的生长、开花、坐果等方面产生了严重的危害，给全国13个省份大爆发在灾，严重发病地块病株率达到95%以上，该病害给当地的番茄生产造成了巨大的损失，达到20亿元人民币。



图3 番茄黄化曲叶病毒绿色果实不能转色

图4 番茄黄化曲叶病毒的传播介体——烟粉虱

（一）初步诊断

从植株症状来看，初步判断为病毒病。但何种病毒引起的病害，仅通过照片不能判断出来。

（二）病原菌确定

1、取 10 mg 番茄病叶，加 100 μ L 0.5 mol/L NaOH，匀浆后低速离心，上清液用 0.1 mol/L Tris-HCl(pH8.0)稀释 100 倍，以调整 pH 至 8.0，取 1 μ L 做 PCR 扩增。

2、人工合成引物A: TAATATTACCRGSRGXCCYC和引物B: TGGACZTTKCASG GHCCTCACA用于PCR，其中R=G或T；S = A 或T； X = A, C或G； Y=G或C； Z = C 或T； K=A或G； H = G, C 或T.50 μ L反应液中含1 μ L上述制备的DNA，75 pmol引物

A和引物B, 012 mmol/L 4 ×dNTPs, 115 mmol/L MgCl, 50 mmol/L KCl, 1 mmol/L Tris-HCl (pH8), 1.25单位的Taq DNA聚合酶.PCR反应条件如下: 94 °C/40 s , 58 °C /30 s, 72 °C/ 1.5 min, 循环35次, 最后72 °C延长15 min, 分离纯化500 bp PCR病毒特异片段后, 克隆入Invit ro gen公司的T Vector -PCRTM2 II 中。

3、DNA序列分析后, 用DNASTAR计算机软件分析处理序列数据, 用于比较的双生病毒除TYLCVCHI外还包括: 番茄斑驳病毒(TMoV), 番茄金黄花叶病毒(TGMV), 非洲木薯花叶病毒(ACMVNIG), 印度木薯花叶病毒(ICMV), 番茄曲叶病毒TCLVIND和TYLC-VAUS, 番茄黄化曲叶病毒TYLCVSic, TYLCVSPA, TYLCVSar, TYLCVISR(mild) , TYLCVEGY , TYLCVISR , TYLCVNSA , TYLCVNIG , TYLCVSSA, TYLCVTHA, TYLC -VDOM和TYLCVCUB, 玉米条纹病毒(MSV), 小麦矮缩病毒(WDV), 虎尾草条纹花叶病毒(CSMV), 甜菜曲顶病毒(BCTV)。

4、结果

表1 TYLCV-CHI 与其它亚组III双生病毒共同区DNA 序列的同源性比较

TLCV-AUS	TLCV-IND	TYLCV-Mur	TYLCV-Alm	TYLCV-Sar	CLCuV-PK
63.7 %	62.9 %	58.4 %	57.7 %	56.1 %	56.1 %
TYLCV-ISR	ACMV-K	TYLCV-THA	TYLCV-Sic	MYMV-THA	TGMV
55.14 %	54.4 %	53.7 %	53.2 %	52.5 %	47.5 %
SqLCV-E	PYMV	BGMV-Gua	AbMV		
46.0 %	45.3 %	44.2 %	43.8 %		

表明中国番茄黄化曲叶病的病原是一种与中国烟草曲叶病毒有较大亲缘关系的双生病毒, 或是同一种病毒的不同株系 (表1), 最后诊断为番茄黄化曲叶病毒病。

【问题】

- 1、植物病害诊断的灵魂或核心思想是什么?
- 2、种植者对植物病害诊断的需求有多少?
- 3、为什么病害远程诊断许多人不接受? 你认为病害远程诊断技术有何优缺点。

三、补充材料

(一) 病虫害专家诊断系统

专家系统是一个或一组能够综合利用来源于人类在某个特定领域内的专家水平知识,模拟人类专家的推理过程,去解决该领域内的疑难问题的计算机程序。它是人工智能从一般思维规律探索走向专门知识利用、从理论方法研究走向实际系统设计的转折点和突破口。其研究致力于在具体的专门领域内建立高性能的程序,这些程序用以处理那些通常需要由领域专家才能分析、求解的专门问题。将与领域问题相关的专门知识进行深度挖掘和高度概括(即知识获取),并把这些知识有机地结合到程序设计中,使程序具备类似人类求解问题时的推理、学习和解释能力。因此,在某种意义上说,专家系统是以知识库为基础的系统。专家系统通常由知识库、推理机、知识获取、解释界面及用户接口等五部分组成,知识库和推理机是它的核心。建立知识库的关键是如何获取和表示知识,推理机用于确定不精确推理的方法,解释界面是用户的一个窗口,能够处理各种咨询问题。

1、专家系统的种类

(1) 启发式专家系统 (Heuristic Expert system)

它和起初的专家系统概念最接近。如 SOYBUG 和 AWFES。前者是以美国佛罗里达州负责大事虫害防治的昆虫学家的经验知识为基础,并借助商品软件外壳 INSIGHT2+开发的,其研究重点是知识采集技术;后者总结了我国著名昆虫学家李光博先生多年潜心粘虫测报的研究成果,系统编程采用了 porlog 语言。

2) 实时专家系统(Real time Control Expert System)

又称为算法专家系统(Algorithmic Expert System),在农业上应用较为广泛,其基本功能是在一定的系统参数控制下通过使用传感装置对设置点进行自动调节控制。系统的输入输出是精确值和预先定义的,整个过程中用户几乎不参与。此类专家系统都是以时间为中心,预先的输入一定是由反应器提供的数据,这些限制为知识获取提供了一个明显的边界,有利于知识的获取。但它要求专家考虑作为一个控制系统如何调整系统本身去适应变化了的条件,这与专家系统的一般观念有很大的不同。典型的例子是 MISTNIG。这是一个能动态调整繁殖温室内的喷雾时间和频率的专家系统。

(3) 基于模型的专家系统(Model Based Expert System)

这类系统应用模拟模型技术来构造专家系统,反过来利用专家系统为模型提供参数及模拟结果的解释来更好地利用已被验证的模型。COMAX 是一个很好的典范,它

把专家系统和模型技术有机结合，大大提高了棉花模型 GOS SYM 的实用价值；类似的软件如 SMARTSOY 是在大豆模型 SOYGRO 的基础上开发的专家系统，内有预测 4 种虫害的若干规则，并把虫害发生情况和产量联系起来，提出防治建议，符合率达到 80%。

(4) 专家数据库 (Expert Databases)

此类系统是专家系统与数据库相联接的组合系统，其中专家系统的作用是改善对数据库的存取和解释能力，更方便地实现对数据库有关信息的利用。

(5) 专家开发(环境)工具(Problem Specific Shell)

随着人工智能的进一步发展，为了进一步将专家系统应用于生产实际，一些辅助专家系统开发的工具迅速开发出来，从而大大缩短了开发专家系统的周期。这是将来专家系统开发的方向。开发工具的主要作用是帮助研究人员获取知识、知识表示、知识运用；帮助系统设计人员进行专家系统结构设计；提供一个内部的软件环境，提高系统内部的通讯能力。如 CALEX 是专用于农作物管理问题的专家系统外壳，它并不涉及特定作物，面向的问题是一组类似的农事活动和管理决策(病虫害治理等)。对于每种物，每项活动的决策过程基本是一样的。而每项活动均需简单计算、通讯、数据库管理、模拟和专家系统等软件功能。CALEX 提供了这种把不同活动过程综合起来的超级结构，形成一致的软件环境，并能使特定作物和每个生产系统参数化。

2、专家系统开发方式

(1) 采用不同的高级程序语言(如 PASCAL、VC、VB、VF 等)或人工智能语言(如 LISP、PROLOG 等)开发，即通过编程来实现专家系统的各种功能，如 Williams 等 1993 年采用 Visual C++ 研制成功棉花病虫害管理专家系统。

(2) 利用一些应用较为成功的专家系统开发工具，也称专家系统壳(Expert System Shell)，直接输入有关信息，建立知识库，从而构成专家系统。20 世纪 50 年代初，根据专家系统知识库和推理机分离的特点，研究人员把已建成的专家系统中的知识库“挖”掉，剩余部分作为框架，再装入某一领域的专业知识，构成新的专家系统。在调试过程中，只需检查知识库是否正确即可。在这种思想指导下，产生了建立专家系统的工具，或称专家系统开发工具、专家系统外壳、利用专家系统开发工具，某领域的专家只需将本领域的知识装入知识库，经调试修改，即可得到本领域的专家系统，无须懂得许多计算机专业知识。目前我国应用较多为国外较成熟的专家系统壳，如

CALEX、LUCID、PC、PENSHELL、VP-EXPERT 等。LUCID 是由澳大利亚昆士兰大学有害生物信息技术与推广中心研制而成的基于多媒体技术的多途径的分类检索和诊断专家系统开发工具，国外的“葡萄害虫的识别与诊断”“仓库害虫的识别与防治”以及我国近年来开发的“植物检疫信息管理和辅助决策网络系统”等均以它作为识别与诊断检索开发工具。我国也自主研发一些专家系统开发工具，如中科院合肥智能所的 KA3 和 KA4、浙江大学的 ZDEST、中科院计算机所的 VESS、吉林大学的 MES 等。

3、系统知识库的设计与建立

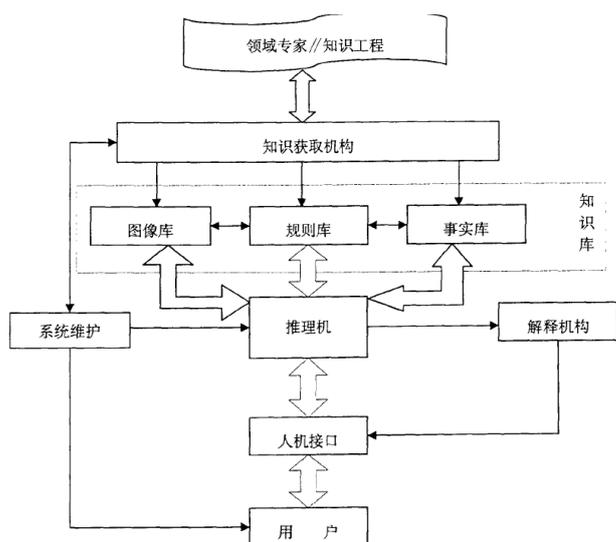


图 26 专家库构建流程图

知识库是专家系统的核心，专家系统解决问题的能力在很大程度上依赖于知识库中的知识完备程度和可靠性。

(1) 知识获取与综合

多年来，国内外许多专家对为害蔬菜的病虫种类及其生物学和生态特性进行了大量的研究，特别是蔬菜成为我省农业主导产业以来，各级科研、技术推广等单位对蔬菜主要病虫害开展了专门的研究，内容涉及蔬菜主要病虫害种类、发生为害规律、监测技术及综合治理等，发表了相当数量的专题研究报告，已经初步形成了较为系统的蔬菜病虫害治理技术体系。另外，全省各地植保工作人员也在工作实践中积累了丰富的蔬菜病虫害诊断、监测和治理经验。这为本系统的建立提供了必需的资料和技术基础。CSDC 在广泛收集了多年来各地蔬菜主要病虫害研究的资料及最新成果，吸收了

很多方面专家长期工作实践中积累起来的宝贵经验,研究者本人自己的试验结果、项目研究和认识,也渗透于整个知识库中。因而,就系统知识的获取途径而言,CSDC的知识源可以划分为以下三方面(图 26)。

(1) 公开性知识:对国内外的数篇历史文献进行归纳、整理和总结,将有关知识抽提并精练,形成规范化的系统知识;

(2) 专家经验:通过与专家(这里的专家是一个抽象的概念)对话(这是目前专家系统知识获取的重要形式)来获得专家在长期的实践中积累的经验和解决特定问题的推理路线,对于某些经验型知识经过历史资料的修正,这是本系统最主要的知识来源。

(3) 研究者的认识:因为本系统的研究者也从事蔬菜病虫害治理工作,所以在获得其他专家知识的同时,也将自己的试验结果、研究成果和认识渗透于整个知识库中,并根据生产实践,不断对知识源进行补充、修改,以便更实际。

系统知识,尤其是检索词的标准化、规范化是实现系统正确搜索和提高推理速度的重要环节。而初步收集的知识往往不够规范和完备,甚至不够精确,因此在知识获取基础上必须对源知识经过整理、总结、提高和规范化等再加工处理,提高知识条理性、系统性,便于知识表示和系统利用。以系统检索词为例,词汇的选择尽量做到唯一性,避免使用同义词。如菜青虫、菜粉蝶、菜白蝶等是同义词,即统一为菜青虫;另如桃蚜、甘蓝蚜、萝卜蚜三者形态特征相似且为害作物、治理措施相同,则统一归类为菜蚜。同时又要考虑用户输入的可能是同义词,如输入的是菜粉蝶而不是菜青虫,为此系统建立了同义词库,当在规范化的描述词中无法查询到时,即自动转到同义词库中搜索,系统将检索词自动转换成标准的描述词,然后继续运行。

系统知识库包括事实库、规则库和图像库等。事实库主要收录了浙江省 35 个蔬菜种类的 100 多种病害、50 多种害虫资料,涉及到种病原种类,害虫分属于昆虫纲的鳞翅目、鞘翅目、直翅目、双翅目、膜翅目、缨翅目、同翅目,以及蛛形纲的蟋蟀目和腹足纲的柄眼目;相关内容包含病、虫的症状(识别特征)、病原菌(病因)、害虫、发生规律、为害特点、农业防治、物理防治、生物防治、化学防治,防治药剂、安全生产常识以及它们间相互关系的集合信息等。规则库中包含有诊断、治理、判断、决策、建议等大量规则,共 2000 余条。此外,系统中还收集、整理了建立了图像库,主要包含有蔬菜害虫形态特征、为害状图片 400 余幅,病害症状图片 500 余幅;病虫害图片绝大多数以 SONY7F07 数码相机实地拍摄,少数采用 MICRO-TEK Sean

Make3800 扫描或数码相机翻拍，并 Aeosee5.0、Photoshop7.0 进行编辑、注释，以 PJG 格式保存，以减少图像存储空间，从而压缩软件的容量。

(2) 知识库的组织

系统知识之间存在各种关系，每种关系均可以用特性来描述，它包括特征属性和值两部分。而一个二维表所表示的关系与谓词演算中的一阶谓词间具有对应关系。因而，绝大部分的系统知识均按系统框架分类，以二维数据表(.DBF)形式保存，知识层次结构关系通过数据表之间的索引关联来实现，由数据管理系统统一管理。系统运行时，在预定的推理机制控制下，由框架调用相应的数据表，并在当前工作区打开，形成系统所需的特定数据环境。

(3) 推理机的构造

推理机也称推理机制(Inference Mechanism)或问题求解，即如何控制运用知识库中的专家知识。它主要承担向用户提问、事实匹配和规则推理等功能，模仿领域专家一般的思维方式处理用户输入的数据，解决用户的问题，即根据上下文语义，在知识库中遍行搜索(选择有关知识)，进行分析(对用户提供的证据进行匹配)，并且模仿专家的推理过程对这些过程进行审查，在推理中可形成新的知识，并把新知识和原知识库结合起来，而且还考虑知识库中的知识间的各种关系，通过形成推理和搜索策略在工作存储区中求解问题，直到得出结论为止。

蔬菜病虫害诊治决策推理规则集(框架)形成了从初始状态〔蔬菜种类+栽培方式+当前月份(生育期、生长季节)〕、中间假设状态—症状、病虫害。(治理目标与安全因子)—治理决策之间的因果关系。多项因果关系构成了病虫害诊治的因果关系网，在该网络中，把客观环境条件、病虫害的表征(被害状、形态特征)通过中间假设状态(框架)关联到它们的最终诊断结果上，形成了一条从初始状态经过因果网络到达最终状态的完整路径(图 27)。

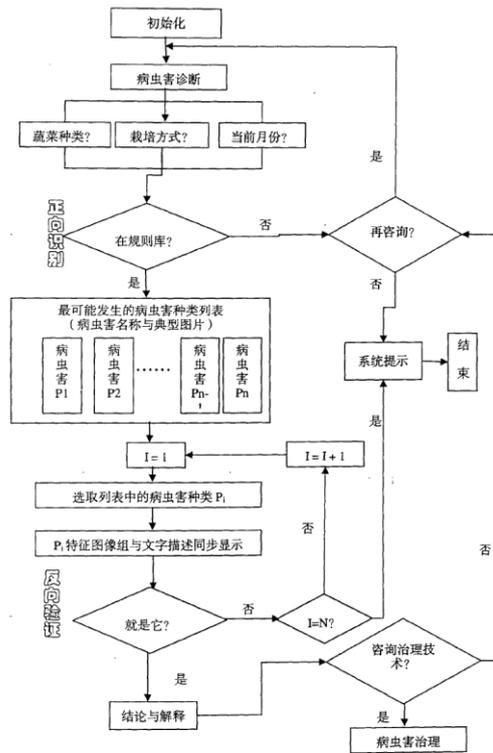


图 27 病虫害诊治推理流程图

4、诊断结果

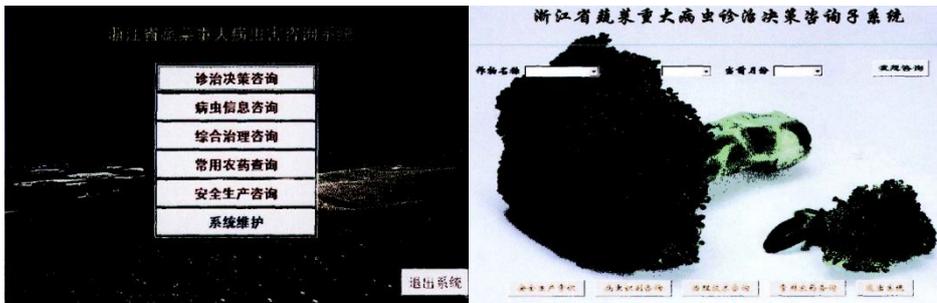


图 28 系统主界面图 29 蔬菜重大病虫害诊治决策子系统（诊断模块）

Crop			Result		
Crop_id	Cropclass	Cropname	Result_id	Rule_id	Pestname
101	白菜类	大白菜	10001	10003	大白菜菌核病
102	白菜类	白菜(小白菜、青菜)	10002	10004	大白菜霜霉病
103	甘蓝类	甘蓝(包心菜)	10003	10004	大白菜病毒病
104	甘蓝类	花椰菜(西兰花、白花菜)	10004	10004	大白菜软腐病
105	根菜类	萝卜	10005	10004	大白菜菌核病
106	茄果类	番茄	10006	10004	大白菜白疫病
107	茄果类	茄子	10007	10004	大白菜炭疽病
108	茄果类	甜(辣)椒	10008	10004	大白菜白锈病
109	豆类	大豆	10009	10004	小菜蛾
110	豆类	蚕豆	10010	10004	菜青虫
111	豆类	豇豆	10011	10004	黄条蛾甲
112	豆类	豌豆	10012	10004	豨叶甲
113	瓜果类	黄瓜	10013	10004	小地老虎
114	瓜果类	冬瓜	10014	10005	大白菜霜霉病
115	瓜果类	西瓜	10015	10005	大白菜病毒病
116	瓜果类	甜瓜	10016	10005	大白菜霜霉病
			10017	10005	大白菜菌核病
			10018	10005	大白菜软腐病
			10019	10005	大白菜白疫病

图 30 作物表图 31 诊断结果

二、基于 Java&XML 技术构建植物病虫害远程诊断系统

(一) 技术背景

J2EE已经成为企业应用开发的标准。平台为创建、部署和管理企业级类应用以及代码的可移植性及重用提供了一个安全的、伸缩的和可扩展的环境。基于它，开发者只需要集中精力编写代码来表达企业应用的商业逻辑和表示逻辑，至于其他系统问题，如内存管理、多线程、资源分布、垃圾收集等，都将由J2EE自动完成。J2EE方案的实施可显著地提高系统的可移植性、安全性、可伸缩性、负载平衡和可重用性。J2EE的发展，让Java语言与MVC模式设计思想达到了完美的结合，使早就提出但一直未能突破语言障碍的MVC模式得以实现。由Apache组织开发的Struts框架是一个基于J2EE平台的Web应用系统框架，它采用MVC模型规范，结合了Servlet、JSP、JavaBean的技术特点，使这些技术合理分工，紧密配合，达到程序结构清晰，易于开发、维护的目的。Struts的主要部件是一个通用的控制组件。这个控制组件提供了处理所有发送到Struts的HTTP请求的入口点。它截取和分发这些请求到相应的动作类（都是Action类的子类）。同时，控制组件也负责用相应的请求参数填充FormBean，并传给动作类。动作类实现核心业务逻辑，它可以访问JavaBean或调用EJB。最后，动作类把控制权传给后续的JSP文件，后者则生成视图。所有的这些控制逻辑都是利用一个XML文件来配置。XML与生俱来的可扩展、跨平台、开放的特性无疑与Java相呼应，形成了完美搭档。在Web这样一个公共的、开放的资源平台与计算环境上，Java技术提供了丰富的实现机制；XML为信息的有效管理和数据集成提供了强大的功能，它提供了一种人和程序都能阅读的描述机制。XSLT用来把XML文件转换成HTML文件，其中XML信息可由JSP动态生成，通过将数据库中的信息检索转换成XML数据信息增大数据的通用性。

在对数据库的处理时我们采用面向对象的数据持久化技术hibernate，它是现在对数据库处理的一个非常优秀的O/R Mapping（对象关系映射框架）产品，它对JDBC进行了轻量级的对象封装，使Java程序员可以随心所欲的使用对象编程思想来操纵数据库。Hibernate不仅仅管理Java类到数据库表的映射，还提供数据查询和获取数据的方法，主要包括以下几个特点：（1）具有开源和免费的License（2）轻量级封装，避免引入过多复杂的问题，调试容易，减轻程序员负担（3）具有可扩展性，API开放，当本身功能不够用的时候可以允许自己遍码进行扩展（4）开发者活跃，产品有稳定发展的保障（5）具有丰富的文档资料（6）有成功的项目开发实施案例（7）在开发者当中有良好的口碑。

(二) 系统功能和设计

系统利用人工智能技术，在Internet上24小时运转，远程拥护自助生产中的疑难病虫，运行成本低，这也是远程诊断的发展方向。基于对病害和害虫诊断的不同特点，在推理机上也采用了不同的方法，对害虫的诊断上采用了二叉树推理机，而对病害的诊断采用神经网络推理机（图28）。

系统主要包括以下功能：

- (1) 用户认证。系统所有用户的密码采取MD5算法加密，任何人无法从数据库（或者数据包）中获取到其他人员的密码。
- (2) 系统管理员对系统的维护，包括对用户的管理和对病虫害数据的填加、更新、删除等操作。
- (3) 用户对信息的搜索。用户可以通过站内搜索来查找自己需要的信息内容。
- (4) 推理与诊断。根据用户输入的信息，系统将自动的来推理诊断得出结论，反馈给用户。

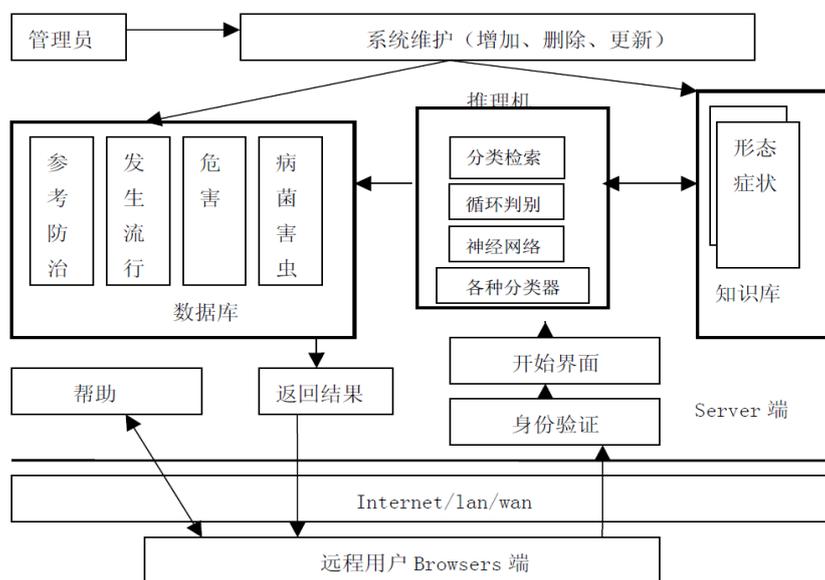


图 28 植物病害远程诊断系统构成

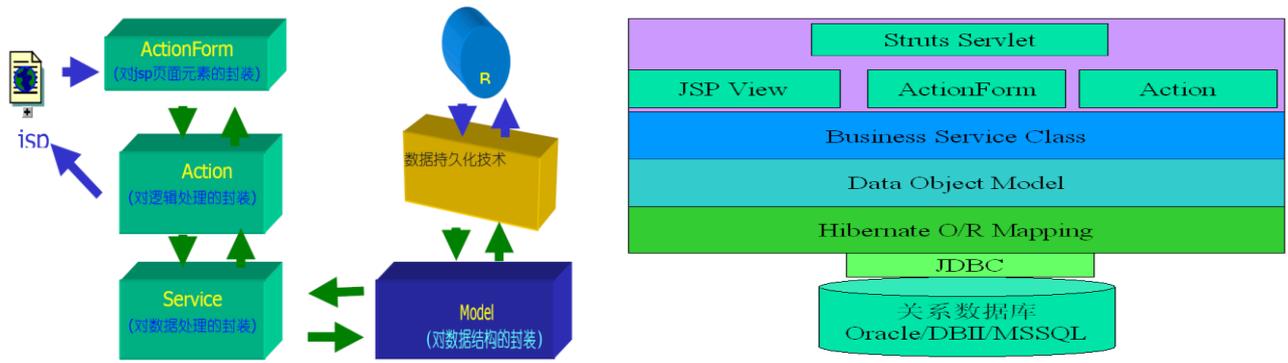


图 29 系统总体框架设计图 30 底层结构

整个系统采用 Struts 结构，图 29 是系统的主体框架设计图，图 30 为系统的底层结构。在 Model 中，用一个表单 Bean 来保存 HTTP 请求传来的数据，两个业务逻辑 Bean 来处理业务逻辑，因为对病和虫的诊断机理不同，所以才用了两个业务逻辑 Bean，其中一个为进行二叉树推理，另一个为神经网络推理，之所以分成两个也是尽量让系统松耦合，随着系统的升级以后可能采用更为先进的准确的推理机，那么到时我们只需更换相应的业务逻辑 Bean 就可以了，而对别的都不会造成影响，这对以后的系统升级无疑是一件很好的事。

在系统的推理过程中，势必会有很多的会话信息，这里用系统状态 Bean 来保存跨越多个 HTTP 请求的单个客户的会话信息。视图使用 JSP 建立，用 JSP 产生 XML 文件，再由 XSLT 把 XML 文件转换成 HTML 文件，然后传送到客户端。控制器处理所有发送到 Struts 的 HTTP 请求。根据对病和虫的不同诊断需求，他截取请求分发到相应的动作类，负责用相应的请求参数填充 FormBean 并传给动作类。在动作类通过访问 Model 中的不同业务逻辑 Bean 实现核心业务逻辑后，根据动作类的返回值把控制权交给相应的 JSP 文件，生成视图。

三、基于神经网络的农作物病虫害诊断方法

(一) BP 神经网络介绍

BP 神经网络，即反向传播神经网络，是一种前馈神经网络。标准的 BP 神经网络由三个神经元层次组成，即输入层、隐含（中间）层和输出层。各层的神经元之间形成全互连接，各层内的神经元之间没有连接。对多层网络进行训练时，首先要提供一组训练样本，其中的每一个样本由输入样本和理想输出对组成。当网络的所有实际输

出与其理想输出一致时，表明训练结束。否则，通过修正权值，使网络的理想输出与实际输出一致。

(二) 神经网络结构设计

1、隐含层数的确定

理论分析表明，隐含层数最多两层即可。唯当要学习不连续函数时，才需要两个隐含层；而具有单隐含层的神经网络能映射一切连续函数。在一般情况下，采用一到二层隐含层比较合适，因为中间层越多，误差向后传递的过程计算就越复杂，相应的训练时间也增加；隐含层增加后，局部最小误差也会增加，网络在训练过程中，往往容易陷入局部最小误差而无法摆脱，网络的权值也就难以调整到最小误差处。

2、输入层、输出层神经元数的确定

这两层神经元数目的确定完全依赖于输入输出向量各自的维数。根据问题领域内影响所要求解问题的因素的重要程度来选取特征因子，所选择因子个数即为输入层节点个数。求解问题所求得结果的个数，即为网络输出层节点个数。

3、隐含层神经元数的确定

采用适当的隐含层神经元数是非常重要的，可以说选用隐含层神经元数往往是网络成败的关键（图 31）。隐含层神经元数选用太少，网络难以处理比较复杂的问题，隐含层神经元数过多，将使网络训练的时间急剧增加，而且过多的处理单元容易使网络训练过度，也就是说网络具有过多的信息处理能力，甚至将训练组中没有意义的信息也记住，这就使网络难以分辨数据中真正的模式。

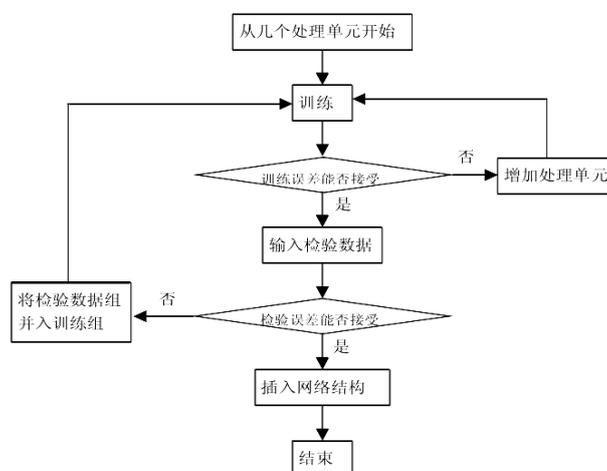


图 31 确定隐含层神经元数的流程图

4、初始权值的选择

初始权值的选择直接影响网络训练时间。如果每个节点的净输入均在零值附近，那么不论输入如何，网络初始学习阶段的速度将是很快的。因为不论对单极性还是双极性 Sigmoid 函数来说，净输入为零时正是处于转移函数的中点。而神经元从中点开始学习，有以下两方面的优点：在事先不知道输出值大小的情况下，输出中值显然是猜测的最佳起点；神经元要尽力避免工作在 Sigmoid 函数的饱和区。因为函数在该区的导数值很小，致使对权值的修改量很小，学习速度太慢。初始权值按以下方式确定：置隐节点的初始值为均匀分布在零附近的很小的随机值；置每个输出节点所连的权值数的一半为 1，另一半为-1，若连至输出节点的权值数是奇数，便置该输出节点的权值为零。

(三) 玉米病虫害诊断神经网络模块的设计

玉米病虫害诊断问题可以看作是由输入症状到输出病虫害之间的非线性映射问题。采用三层 BP 网络结构，输入神经元对应于用户所观察到的症状，输出层对应于玉米病虫害名称（图 32）。通过对由领域专家提供的玉米病虫害原始数据的整理、分析，共归纳出 26 种疾病，提炼特征症状 55 条，都是玉米生长过程中的常见疾病及对应特征症状。

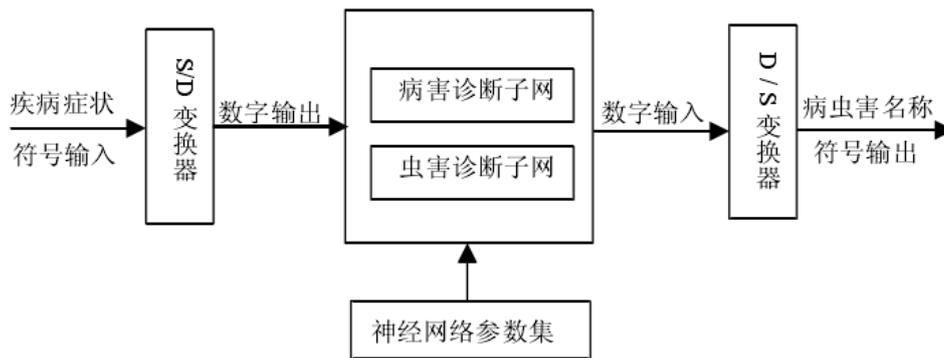


图 32 玉米病虫害诊断神经网络模块的设计

(1) 输入符号信息

用户选择观察到的症状，提交给系统。

(2) 编码

从症状库中提取所选症状的对应索引，生成输入编码，传递给诊断子网。如用户选择了 1、5、6 号症状，则对应输入编码为：

1 0 0 0 1 1 0 0
26

由此完成由符号输入到数字输出的 S/D 转换。

(3) 初始化诊断子网

读取数据文件，用已存储的权值和阈值矩阵初始化网络。

(4) 推理、诊断

网络接收由编码得到的输入向量，经过计算、推理，输出诊断结果。

(5) 解码

系统根据神经网络的诊断结果（疾病代码），搜索疾病库，查找该代码所代表的疾病名称，由此完成由数字输入到符号输出的 D/S 转换。

(6) 输出诊断结论

4、玉米病虫害诊断推理机制

应用神经网络参数集中网络训练所得到的权值和阈值，在新的病虫害症状数据的驱动下，经过神经网络前向算法得到诊断结果，即采用正向推理，在训练完毕后的 BP 网络上将新的症状提交给输入层节点，按神经网络的推理，最后输出可能发生的病虫害。

四、基于计算机视觉和光谱分析技术的蔬菜叶部病害诊断

(一) 计算机视觉技术 (Computer Vision Technology)

计算机视觉技术 (Computer Vision Technology) 是近40年来伴随着信息技术的发展应运而生的一门技术，国内外研究主要集中于作物生长状态监测、作物营养、缺素症的判别、农产品品质自动检测与分级、作物杂草及病虫害的识别与防治等方面。上世纪80年代中期，开始出现将计算机视觉技术应用到植物病害诊断。根据植物病害计算机诊断所依据的病害的图像特征，可以将目前的研究分为以颜色特征作为判别依据、以纹理特征作为判别依据、以形状特征作为判别依据和以多元特征作为判别依据等四个方面。

1、以颜色特征作为判别依据

颜色特征是病斑首要的、最直接的能与其他病斑分离的特征。植物病害发生后，叶片表面往往会形成病斑，人眼区分病部与健康部位的最直观的特征是病斑部分叶片表面颜色发生变化。利用植物叶片的红外图像判断叶片受SO₂污染的区域；利用苾菇

叶片图像色度直方图的r、g、b成分值及病态面积判断茨菇缺乏Ca、Fe、Mg的缺素症；根据叶片数字图像的RGB值估计叶绿素的含量；利用RGB、HIS、RGB三种彩色模型评价玉米由于缺水和缺氮对叶片造成的色彩特征变化；用图像分析软件分割玉米花叶条纹病病叶变色部位，并判断发病程度；根据HIS色调直方图的特征参数，以色调H直方图统计特征参数和百分率直方图区间值特征作为区分黄瓜角斑病、斑疹病与正常叶片的重要依据，发现在色调（48-50）和（45-47）区间区分正常叶片与病变叶片的效果最好；根据病斑图像R、G、B、H、I、S成分的均值、方差、偏度、峰值、能量、熵等6个统计特征参数识别黄瓜炭疽病和黄瓜棒孢叶斑病；基于病斑RGB颜色特征结合神经网络技术实现了大豆叶片病斑区域的识别；在RGB和HSI颜色模型下分析了各颜色分量与棉花早衰程度的相关特性；利用色度学原理，将颜色值作为遗传神经网络的输入单元，实现大豆病斑区域的识别。

2、以纹理特征作为判别依据

纹理是指图像中反复出现的局部模式和它们的排列规则。叶片健康组织与病变组织的纹理在粗细、走向上有很大差别。纹理特征提取的主要目的是将随机纹理或几何纹理的空间结构差异转化为特征灰度值的差异，用一些数学模型来描述图像的纹理信息，包括图像区域的平滑、稀疏、规则性等。图像的灰度共生矩阵被理论和实验证明是纹理分析中一个很好的方法，广泛用于将灰度值转化为纹理信息。利用彩色共生矩阵法提取了H、I、S三个通道图像的13统计参数，共得到39个纹理特征进行柑桔疮痂病、柑桔树脂病等病害叶片和正常叶片的鉴别，准确率达95%；在黄瓜、葡萄和玉米叶片的病害识别方面，利用色度矩提取植物病害叶片的纹理特征，结果说明将色度矩和支持向量机结合可以很好地植物病害图像进行分类；采用灰度共生矩阵法提取了能量、惯性、熵、均匀性等纹理特征参数，区别黄瓜角斑病和斑疹病；对HSI彩色模型各个颜色通道进行对比分析后，采用H通道图像构建共生矩阵，提取能量、熵、对比度、逆差矩、相关等5个纹理特征，利用K均值聚类算法进行定位后的杂草识别，准确率达到93%。纹理特征是图像分析的重要线索，纹理特征的提取方法层出不穷，与图像颜色特征相比，纹理能更好地兼顾图像宏观性质与细部结构两个方面，即可用于图像处理阶段的图像分割又可用于图像分类识别，因而效率较高。

3、以形状特征作为判别依据

病斑的形状特征也是判断病害所属种类的最重要和最有效的依据，病害叶片图像

经过边缘提取和图像分割操作后，得到病斑图像的边缘和区域。形状特征的描述有多种方法，基于病斑几何特征的描述子，利用偏心率、形状复杂性、形状参数、紧密度、矩形度等特征鉴别水稻叶部病害；利用图像处理方法对黄瓜病害进行分割，提取病斑区域的形状参数、长短轴、矩形度、紧密度、欧拉数、圆形度、方向等形状特征参数并进行特征优化，通过神经网络方法对黄瓜三种病害的识别准确率达到80%；基于统计特征的形状描述子，利用主成分分析方法提取形状特征；基于分形理论的病斑形状描述，应用周长面积法和曲线长度法分析水稻纹枯病、桃细菌性穿孔病、玉米小斑病和玉米大斑病等4种病害病斑形状的分形维数，结果表明病斑的形状信息具有明显的分形特征，病斑复杂性可用分形维数来表示，形状越复杂，分形维数越大，反之越小。植物病害的病斑形状虽然受寄主类型、病害发生阶段和程度、病害发生生态环境等因素的影响，但是同种病害在同种寄主上其病斑形状较为稳定，因此病斑形状在病害的识别中有重要的地位，准确提取病斑形状特征对于病害的识别至关重要。

根据不同的识别对象，选择不同的多元特征组合方式，如对于纹理特征不明显或不稳定的对象，多选择颜色与形状相结合的方法。在苹果识别方面，提取彩色图像的颜色和几何形状特征实现对苹果的识别，表明多元特征的识别准确率高于单元特征。综合考虑植物病害的多元特征，往往由于数据量大需要更为准确和高效的病害的模式识别算法，因此对多种传统算法进行改进，建立了能够完成植物病害种类判别的多层次模糊人工神经网络算法。

（二）光谱成像技术（Spectral Imaging）

光谱成像技术（Spectral Imaging）是新一代光电探测技术，因其融合了空间和光谱信息成为各个领域科学研究的创新性尖端技术。光谱成像技术使用空间图像处理、化学和光谱技术对图像立方体进行光谱和空间联合分析，可以获得有别于传统光谱技术的空间和光谱三维信息，在各个领域都具有非常重要的价值和意义。光谱成像技术在农业领域的应用主要有大范围的植物病虫害监测、植物病害诊断、农产品品质检测、作物生长状态监测等。

植物发病以后，其新陈代谢会发生一定的改变，对植物内部细胞及色素含量、水份和细胞间隙产生影响，使病部的光谱特性与健康植物的光谱特性相比，某些特征波段的光谱信息会发生不同程度的变化；植物受病害胁迫时，对可见光和近红外光谱范围内入射光的吸收会发生变化，这种反应可能是由于发病植株叶绿素含量降低，其他

色素以及叶片内部结构发生变化引起的。由于不同的病害在某一特定光谱范围呈现不同的特征，因此发病后根据光谱特征曲线的变化规律，可以确定出植物病害的发生情况。

高光谱成像技术以其超多波段、高分辨率等特点，使其可探测植物内部精细的光谱信息，特别是在估测植被各种生化组分的吸收光谱信息上表现出了强大的优势。相关的研究如，利用地面的包含红、绿、近红外三个波段灰度图像的多光谱成像技术对茄子灰霉病进行无损检测研究；采用窄带多光谱成像技术在标准观测环境下获取患病黄瓜叶面的14个可见光通道和近红外通道、全色通道的多光谱图像对黄瓜的红粉病、黑星病、白粉病、褐斑病和霜霉病等五种病害进行识别；针对黄瓜霜霉病和白粉病，测定450~900 nm范围内的高光谱图像，提取色度矩纹理特征实现了黄瓜病害的快速、精确分类诊断；利用便携式高光谱成像系统在400~900nm范围检测柑橘溃疡病，识别准确率达到92.7%，在可见光和短波近红外区域选择了553 nm, 677 nm, 718 nm和858 nm四个最佳波段用于柑橘溃疡病的自动分拣。

（三）傅立叶变换红外光谱技术

红外光谱技术最初应用于化学领域，成为化学分析检测的重要手段。目前，该技术已广泛应用于农产品品质检测、医学诊断、植物代谢、微生物分析等多个领域。在农产品品质检测方面的应用。

在植物病害的红外光谱诊断方面，前期国内外的研究主要集中在病原微生物的分析上，对于作物病害的检测方面尚且处于起步阶段，仅有少数相关的研究报告，如玉米受镰刀菌及其毒素污染的检测，马铃薯炭疽病的检测，病害烟叶的傅立叶变换红外光谱研究，水稻稻纵卷叶螟的危害，柑橘黄龙病与柑橘其他病害区别的红外光谱检测等。

傅立叶变换红外光谱技术（Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR）应用于微生物的快速鉴定是近年来的新型检测技术，有“分子指纹”之称，只需少量的微生物便可完成分析，而且速度快，操作简单，不需破坏细胞或添加任何化学试剂，降低了分析成本，提高了分析的真实性。20世纪90年代初，开始出现将红外光谱应用到微生物分析方面的研究，提出根据微生物的红外“指纹”图谱可以说明微生物的种类或微生物细胞所处的代谢状态。之后，红外光谱便逐渐成为一种公认的可以提供生物“分子指纹”特征的技术被广泛应用于生物分析的各个领域。在微生物鉴别和分类方面，

多应用于细菌、真菌、酵母菌、放线菌的鉴别和分类，不仅可以进行不同属的鉴定，而且可以实现种，甚至亚种的识别。在微生物不同条件下代谢变化的分析方面，如细菌对抗生素、营养胁迫的反应，在不同环境压力下细菌代谢引起的光谱变换等。

（四）蔬菜叶部病害高光谱图像采集系统的构建

1、高光谱图像采集系统的构建

高光谱成像系统主要由光谱仪、成像系统和光谱处理分析软件组成。光谱仪主要通过光学系统，产生系列光谱；成像系统主要用于记录光谱信息；再通过处理分析软件，获得影像中每一个像素点的光谱信息。本论文构建的高光谱图像采集系统由基于成像光谱仪的高光谱摄像机、光学镜头、液晶可协调滤光片（Liquid Crystal Tunable Filter, LCTF）、积分球、照明结构等部件组成。

2、黄瓜叶部病害高光谱图像的采集

利用构建的高光谱成像系统，采集每个样本的光谱图像。在高光谱图像数据采集之前，需要首先确定摄像头的曝光时间以保证图像清晰，确定推扫间隔，即两个相邻光谱通道图像采集的间隔时间。本实验采集的曝光时间定为200 ms，推扫间隔定为100 ms，采集图像分辨率1280×1024，光谱范围是400~720 nm，采样间隔为5 nm，每个样本采集到65个光谱通道的图像，最终得到1280×1024×65的光谱图像和光谱反射率数据块。

3、黄瓜叶部病害高光谱图像数据获取

每个病斑的高光谱数据信息，采用对高光谱图像中感兴趣病斑内的灰度值求平均的方法获得。其中，每种病害取单个病斑区域内均匀分布的20个像素的光谱灰度平均值作为一个病斑样本，健康叶片分别从叶根、叶中部和叶尖三个部分取20个像素的灰度平均值作为一个样本。参考白板则在任意位置随机取20个像素的均值作为其光谱灰度值。对于病害叶片和健康叶片五种样本，分别取80个数据集，共得400个数据集（5种样本×80个数据集）。

4、黄瓜叶部病害光谱特征的提取

高光谱成像技术中存在的最大问题是处理从光谱图像中提取的大量的数据，要消耗大量的时间和资源，因此采用特征波段选择和特征波段提取两种方法实现数据的降维，建立光谱特征空间。

（1）黄瓜叶部病害光谱特征波段的选择

高光谱图像数据位于一个高维空间中，它的每一个波段都可以看成一个特征。因此，在高光谱图像中进行特征选择就是进行波段选择（Band Selection），从所有光谱波段中选择起主要作用的子集。本研究中，初始图像维为 $1280 \times 1024 \times 65$ ，选择 n ($n \leq 65$) 个特征波段后，得到 $1280 \times 1024 \times n$ 维的图像立方体子集，既能明显的降低数据维数，又能比较完整的保留感兴趣的信息。

我们采用逐步判别方法来选择特征波段。“逐步”选择从无变量的分类模型开始，每一步都对模型内部和外部的变量进行测验，根据Wilks' Lambda统计量，把模型外对模型的判别力贡献最大的变量加到模型中，同时考虑已经在模型中但又不符合留在模型中条件的变量从模型中剔除，直到没有变量被剔除也没有变量被引入时，判别结束，得到最后的分类模型。

(2) 黄瓜叶部病害光谱特征波段的提取

特征提取（Feature Extraction）也是一个光谱特征空间的降维过程，与光谱特征选择相比，它是建立在各光谱波段间的重新组合和优化基础上的。在经过特征提取后，将原始的特征空间投影到了一个低维并优化后的新特征空间。这里采用典型判别方法来提取特征波段。典型判别思想是原始变量的线性组合，把原来 m 个变量综合成 r ($r < m$) 个新变量。这样， m 维总体的判别问题化为 r 维的判别问题，一般维数降低了，由于特征向量线性无关，故 r 个新向量互不相关。

5、黄瓜叶部病害识别模型的建立与检验

利用上面两种方法提取的光谱特征参数，利用距离判别方法，建立判定黄瓜白粉病、细菌性角斑病、棒孢叶斑病、霜霉病和无病区域的线性判别模型。距离判别的基本思想是样本和哪个总体距离最近，就判它属于哪个总体。

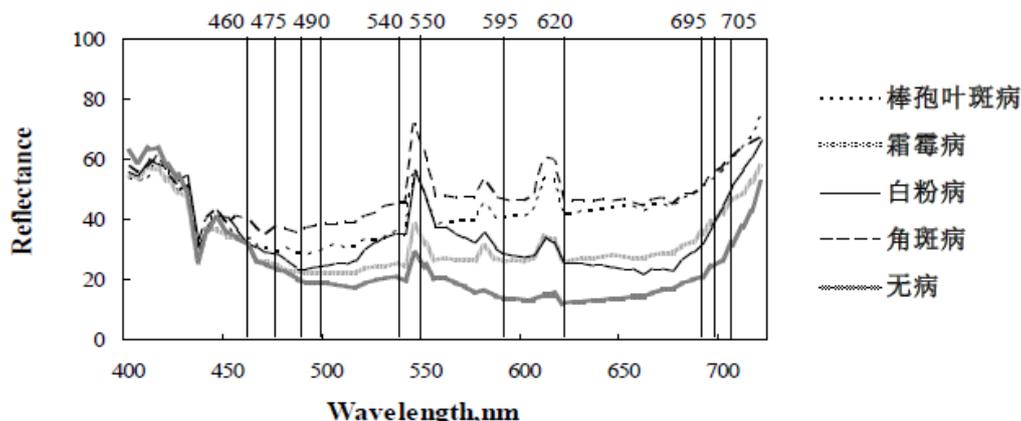


图33 黄瓜病害和健康叶片样本的平均光谱反射率曲线

根据建立的判别函数对参加建模的200个样本进行回判，五类样本的判别正确率均为100%。考虑到判别模型是根据训练样本信息得到，故可能夸大判别效果。为了验证模型的有效性，以未参加建模的200个图像样本作为测试集对模型进一步检验，结果对黄瓜无病健康叶片、白粉病、棒孢叶斑病的识别正确率是100%，黄瓜角斑病和霜霉病的识别正确率分别为90%和80%，测试样本的平均识别正确率为94%。

农业病虫害网络化远程诊断平台技术研究涉及到多种学科包括农业昆虫学、植物病理学，计算机技术中的数据库、多媒体、人工智能、图像处理与计算机视觉、网络应用等，是这些学科的一种综合应用。

【问题】

6、你认为如何最终实现植物病害远程诊断正确率达到100%？

【参考文献】

- [1] 郑永利.浙江省蔬菜重大病虫害诊治咨询系统的初步研究[D].杭州:浙江大,2003.
- [2] 武守忠,高灵旺.基于Java&XML技术构建植物病虫害远程诊断系统[C].2015.
- [3] 王越.基于神经网络的农作物病虫害诊断方法研究[D].哈尔滨:东北师范大学,2007.
- [4] 王克如.基于图像识别的作物病虫草害诊断研究[D].北京:中国农业科学院,2005.
- [5] 马占鸿,顾沛雯,王海光,等.设施园艺病虫害远程诊断和早期预警系统构建与应用[J].植物保护,2011, 37(1): 176.
- [6] 柴阿丽.基于计算机视觉和光谱分析技术的蔬菜叶部病害诊断研究[D].北京:中国农业科学院, 2011.