

RBR 马铃薯专家系统的研制及 CBR 平台探讨

摘 要

近年来,专家系统的发展使农业专家系统已广泛的应用于我国的农业生产,利用它指导农业生产,对可持续发展农业具有显著效果。目前我们已在国家农业信息技术研究中心提供的农业专家系统平台上相继开发了类似 RBR 马铃薯专家系统的十多个品种的农业专家系统,并在山西神农网上进行推广使用,为当地用户马铃薯高产、优质、高效产生了很大推动作用,受到了当地用户的热烈欢迎。

针对当前农业领域知识的模糊性及农业专家缺乏等现状,本文作者通过参与国家 863 项目“农业智能信息处理系统”的工作,首先设计了基于规则推理(RBR)的马铃薯专家系统,整体功能主要由多媒体信息部分和智能决策部分两大模块组成。其中系统设计采用人工智能、专家系统、知识工程与信息技术相结合,坚持 Web 技术、多媒体技术、数据库技术、人机友好技术、ASP 开发技术、模糊推理等技术的综合运用,有效地保证了系统的先进性与实用性的有机统一。

在充分考虑了 RBR 马铃薯专家系统平台应用中出现的不足和系统开发过程中遇到的一些问题,提出了基于案例推理的知识表示方法和推理方法,又设计和实现了一个基于案例推理的原型系统平台。主要从理论上提出了创建基于案例推理专家系统开发平台的研究思路、实

施方案并且面向马铃薯提出了平台模型的雏形。基于规则推理和基于案例的推理是专家系统领域内两种实用的推理方法，在各自适用领域内发挥着重要的作用。随着专家系统的研究的深入和应用的扩展，针对不同的应用领域，人们需要更多种类的知识表达方法和推理方法来模拟专家解决问题，这也就是我们以后将要更进一步努力的方向和目标。

关键词 专家系统，人工智能，规则推理，案例推理

DEVELOP ON RBR POTATO EXPERT SYSTEM AND DISCUSS ON CBR PLATFORM PROTOTYPE

ABSTRACT

In recent years, the developed of Expert System has made agriculture expert system broadly used in agriculture life in china. It has gained remarkable application effect supported agriculture development. At present, we have developed ten agriculture expert systems like potato Expert System in the platform of agriculture expert system offered by the center of Beijing information technology. While these systems popularized in www.shennong.net.cn, they have great promote function in high yield, high quality and high efficiency, and welcomed by local users as well.

Aiming at the present state of obscure characteristics of current agriculture knowledge and lack of agriculture experts etc, during the period of taking part in 863 “the intelligence information management system of Shanxi agriculture”, first of all I designed RBR potato expert system which consists of two models i.e. the multimedia information and intelligent strategy. In the design of system, the artificial intelligence、 expert system、 knowledge engineering and information technology are successfully

connected. Meanwhile, the comprehension application of ASP, the information technologies, ensures the organic unification of system's advance and practicability.

Lastly, after thinking the problem of using RBR potato expert system、the fact of the mechanism of ES Platform and on the basis of the research on theories of CBR, this paper describes a prototype e CBR expert system and offers a theoretic opinion to the design and implementation of ES Platform, and a practical architecture, which is mainly facing to agriculture field as well. Rule-based reasoning and case-based reasoning which are methods used in expert systems are applying in each suitable fields. Knowledge indication methods and reasoning methods have been an urgent need aimed for different applying fields because of the development of the expert system theory and the increasing using of expert system, and this is our future research and struggling direction.

KEY WORDS expert system(ES), artificial intelligence(AI), rule-based reasoning(RBR), case-based reasoning (CBR)

符号说明

ES: Expert System	专家系统
AI: Artificial Intelligence	人工智能
CBR: Case-Based Reasoning	基于案例推理
RBR: Rule-Based Reasoning	基于规则推理
MBR: Memory-Based Reasoning	基于模型推理
MMT: Multi-Media Technique	多媒体技术
SQL: Structured Query Language	结构化查询语言
SN: Semantic Network	语义网络
MOPS: Memory Organization Packages	存储组织包
NNA: Nearest Neighbor Approach	最近相邻策略
IAA: Inductive Algorithm Approach	归纳索引策略
KGA: Knowledge Guided Approach	知识引导策略
TRA: Template Retrieval Approach	模板检索策略
DN: Discriminant Network	判别网络

声 明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在指导教师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名： 王玲 日期： 2006.4.30

关于学位论文使用权的说明

本人完全了解太原理工大学有关保管、使用学位论文的规定，其中包括：①学校有权保管、并向有关部门送交学位论文的原件与复印件；②学校可以采用影印、缩印或其它复制手段复制并保存学位论文；③学校可允许学位论文被查阅或借阅；④学校可以学术交流为目的，复制赠送和交换学位论文；⑤学校可以公布学位论文的全部或部分内
容（保密学位论文在解密后遵守此规定）。

签 名： 王玲 日期： 2006.4.30

导师签名： 杨建洪 日期： 2006.4.30

第一章 绪论

我国农业目前还处在以传统技术为主体的劳动密集型产业阶段，农民的整体科技文化素质和科学管理水平还比较低。特别是在我国加入 WTO 后，人口数量的不断增长和耕地面积逐年减少，使我国农业面临着前所未有的挑战^[01]。如何充分利用现代信息技术等高科技发展农业，将科技进步变为我国农业和粮食生产的根本动力，对我国农业由传统粗放型向现代集约型的转变具有重要的意义。

专家系统 ES (Expert System) 是人工智能应用研究最活跃的领域，是人工智能技术和具体应用学科相结合的产物^[02]。它依据存储于计算机中的专家知识和经验，结合用户提供的信息、数据和事实，模仿专家的思维方式进行推理和判断，对用户所提出的问题给予专家水平的解答，已获得日益广泛的推广应用。比如专家系统在农业中应用形成农业专家系统。农业系统本身是一个多因素、多层次、多目标、关系纵横交叉的复杂系统，涉及因素繁多复杂，时空差异和变异性大，生产稳定性和可控程度差；同时，农业技术本身经验性强，数量化、集成化和规范化程度较低，增加了生产管理的难度。所以用电子信息技术改造传统农业已是必然的选择，农业专家系统提供了一种全新的处理复杂农业问题的思想方法和技术手段，特别是它具有根据不精确、不完整或不完全可靠的前提进行推理的能力，将在有效解决农业生产管理问题的同时，有效完善农业生产管理技术体系。因此以 ES 为基础的综合农业信息技术研究成为国家“863”项目的开发重点。

1.1 国内外农业专家系统的发展概况

农业专家系统(Agriculture expert system ,AES)是专家系统技术在农业领域的具体应用，是基于农业专家知识和模拟农业专家进行推理决策的计算机程序系统^{[02] [03] [04]}。国内外研究开发的专家系统应用于许多方面，如翻译系统、预测系统、诊断系统、设计系统、规划系统、监控系统^{[05] [06]}等，

作为人工智能的一种形式，专家系统取得了极大的经济效益，已获得人们越来越多的关注。

1.1.1 国内农业专家系统的发展

80年代初，我国农业专家系统开始研究，是国际上开展此领域研究比较早的国家之一^[07]。1983年中国科学院合肥智能研究所与安徽省农业科学院土壤肥料研究所合作研制的“砂姜黑土小麦施肥专家咨询系统”于1985年10月建成。在安徽省淮北平原10多个县得到较大规模的应用，开创了农业专家系统在我国的应用与发展。七五期间，各地高校、研究所相继开发了一些农业专家系统^[08]，中科院合肥智能机械研究所的施肥专家系统、中国农业科学院的品种选育专家系统、植物保护研究所的粘虫测报专家系统、土壤肥料研究所的禹城施肥专家系统、华中理工大学的园艺专家系统；浙江大学与中国农业科学院蚕桑研究所合作的蚕育种专家系统、河北省农业厅与廊坊市林业局应用GURU工具开发的冀北小麦专家系统^{[09][10]}、辽宁省农业科学院的水稻新品种选育专家系统、宁夏农林科学院等应用VP-EXPERT开发的春小麦条锈病预测专家系统、北京农业大学的作物病虫害预测专家系统和农作制度专家系统、中国农业利学院农业气象研究所的玉米低温冷害预防专家系统^[11]等等，研制农业专家系统在我国出现了一个又一个的热潮。

90年代，我国农业专家系统又有了新的的发展。国家“八六三”计划和农业部、中科院以及许多省的农业科学院和高等院校继续安排农业专家系统的研究开发。浙江大学与中国农业科学院畜牧研究所将基于案例推理和面向对象技术^[12]应用于饲料配方，河北农业大学等应用面向技术设计土坝事故诊断专家系统，中国科学院沈阳计算研究所运用神经网络在水稻育种专家系统中进行知识获取等，均在技术水平上有了明显的提高。江苏省农科院、北京农业大学、南京农业大学、新疆农业大学等许多单位将作物生态生理过程模拟与农业专家系统技术相结合开发专家系统^[13]。可以看出，专家系统在农业上应用非常广泛，而且技术也日渐成熟。

1.1.2 国外农业专家系统的发展

70 年代末期,国际上农业专家系统的研究开始,以美国最早^{[14][15]}。也许是受了专家系统最初应用于医疗诊断的启迪,当时开发的专家系统主要是面向农作物的病虫害诊断。如 1978 年美国伊利诺斯大学开发研制的世界上第一个农业专家系统 PLANT/DS 大豆病虫害诊断系统^[16],1982 年开发的玉米螟虫害预测专家系统 PLANT/CD,1983 年日本千叶大学的西红柿病虫害诊断专家系统 MICCS 等。总的来说,专家系统在当时未受到人们的普遍重视。到了 80 年代中期,随着专家系统技术的迅速发展,农业专家系统在国际上有了相当的发展^[17],在数量和水平上均有了较大的提高,已从单一的病虫害诊断转向生产管理、经济分析与决策、生态环境等,尤其以美国、日本和欧洲国家最为突出。

1.2 专家系统研究方法

1.2.1 专家系统的发展

20 世纪 60 年代中期以后,人工智能由追求万能通用的一般研究转入特定的具体研究,通用的解题策略与特定领域的专业知识及实际经验结合,产生了基于知识的专家系统,从而也使人工智能的研究走向实际应用^{[18][19]}。专家系统是人工智能的一个分支,是人工智能走向实用的一个最新研究领域^{[20][21][22]}。斯坦福大学教授费根鲍姆(CE. Feigenbaum)于 1965 年开创了基于知识的人工智能研究的新领域—专家系统^[7]。在某个专门领域内,专家系统这个以知识为基础的计算机系统完全可能相当于这个领域人类专家的作用。在费根鲍姆的主持下,第一个专家系统课题 DENDRAL 化学分子结构分析系统^[17]于 1965-1968 年在斯坦福大学研制成功,该系统能根据质谱仪数据推断未知有机化合物的分子结构。DLNDRAL 及附属的 CONGEN 系统商品化后,每天为上百个国际用户提供化学结构的解释。麻省理工学院于 1968 年开始研制大型符号数学专家系统—MACSYMA 系统^[20]。该系统能执行微分、积分、解方程、矩阵运算、向量代数等 600 多种不同的数学符号运算。1971 年研制成

功后,很多数学家和物理学研究人员以及各类工程师争相使用 MACSYMA 系统。这两个系统对专家系统的产生起着先驱作用,它们的成功研制投入使用,为专家系统这一新领域开创了光明的前景,自此社会各界对专家系统的兴趣与应用需求与日俱增。

1.2.2 专家系统的特点

简单的讲,专家系统就是一个具有智能特点的计算机程序,它的智能化主要表现为能够在特定的领域内模仿人类专家思维来求解复杂问题^[23]。迄今为止关于专家系统还没有一个严格的定义。它的一般特点可以归结如下^{[23][24][25]}。

1.具有专家水平的专门知识。一般来说,专家系统中的知识可分为三个层次—数据级、知识库级和控制级。

2.具有进行有效推理的能力。专家系统的根本任务是求解领域内的现实问题。问题的求解过程是一个思维过程,即推理过程。这就要求专家系统必须具有相应的推理机构,能根据用户提供的事实,通过运用掌握的知识,进行有效的推理,以实现问题的求解。

3.具有获取知识的能力。专家系统的基础是知识。为了得到知识就必须具有获取知识的能力。目前专家系统在这方面的能力还比较弱,当前应用较多的是建立知识编辑器。一些高级专家系统目前正在建立一些自动获取工具,使得系统自身具有学习能力,能从系统运行的实践中不断总结出新的知识,使知识库中的知识得以丰富和完善。

4.具有灵活性。在大多数专家系统中,其体系结构都采用了知识库与推理机相分离的构造原则,彼此既有联系,又相互独立。这样做的好处是,既可在系统运行时能根据具体问题的不同要求分别选取合适的知识构成不同的求解序列,实现对问题的求解,又能在一方进行修改时不致影响到另外一方。

5.具有透明性。所谓计算机程序系统的透明性是指,系统自身及其行为能被用户所理解。专家系统一般都设置解释机构,这使它具有了较好的透

明性。

6.具有交互性。专家系统一般都是交互式系统。它需要与领域专家或知识工程师进行对话以获取知识，也需要通过用户对话以索取求解问题时所需的已经知道事实以及回答用户的询问。

7.具有实用性。专家系统是根据领域问题的实际需求开发的，这一特点就决定了它具有坚实的应用背景。

8.具有一定的复杂性及难度。专家系统拥有知识，并能运用知识进行推理，以模拟人类求解问题的思维过程。在建造一个专家系统时，会遇到多种需要解决的困难问题，如不确定性知识的表示、不确定性的传递算法、匹配算法等等。对具体的系统来说，还需要根据实际情况进行调整，其复杂性和难度都相当大。

那么，为什么专家系统受到越来越多的重视？那是因为它有很多吸引人特点^{[26][27][28]}，如图 1-1 所示。

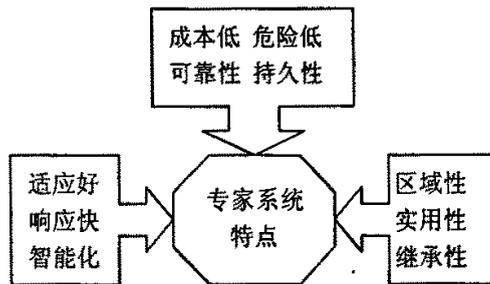


图 1-1 专家系统特点图

Fig 1-1 the figure of expert system traits

1.成本低。提供给用户的专家知识成本非常低。

2.危险低。专家系统可用于那些可能对人体有害的环境。

3.可靠性强。专家系统可增强正确决策的信心，这是向专家提供一个辅助观点而得到的；此外，专家系统还可协调多个专家的不同意见。不过，如果专家系统是由某一个专家编程设计的，那这个方法就不能奏效。如果专家没有犯错误的话，专家系统应该始终与专家意见一致。

4.持久性。专家知识是持久的，不像专家那样会退休、或者死亡，专家

的知识会无限的持续。

5.适应性强。专家知识在任何计算机硬件上都是可利用的，实际上，专家系统是专家知识的集成体。

6.响应快。迅速或时实的响应对某些应用讲是必要的。依靠所使用的软件或硬件，专家系统可反应得比专家更迅速或更有效。某些突发情况要求反应得比专家更迅速，始终稳定、理智和完整的响应，专家可能由于压力或疲劳不能高效的解决问题，这一点是至关重要的。因此时实专家系统是个好的选择。

7.智能化。智能化可以做到白天或晚上的任何时候同时和持续的解决某一问题。由几个专家复合起来的知识，其水平可能会超过一个单独的专家。

8.区域性。专家系统不是通用的百科全书，它是面向某个特定问题，所选用的知识范围也是局限于某个领域的。

9.实用性。用户不仅能从专家系统获得所要求解问题的结论，而且专家系统还可以回答用户关于“系统是怎样得出这一结论”和“为什么会提出这样的问题”。

10. 继承性。专家系统能够不断地获取知识，增加新知识，修改原有知识，通过知识的积累而改善其性能。

1.2.3 专家系统的推理方法

推理机制是专家系统中的重要组成部分，目前知识系统中的推理机制主要有三种。

1.基于规则的推理机制

基于规则的推理 RBR(Rule-Based Reasoning)^[27]也就是基于领域专家的知识 and 经验进行推理，然后将专家的知识 and 经验抽象为若干推理过程中的规则。

IF

```
<条件 1>AND  
<条件 2>AND  
...  
<条件 n>  
  
THEN  
  
<结论 1>或<操作 1>  
<结论 2>或<操作 2>  
...  
<结论 m>或<操作 m>
```

目前大多数专家系统的开发普遍采用的推理模式是 RBR 推理,许多知识系统的开发工具也都采用这种推理机制,它的优点是比较直观,对推理过程易于理解,同时推理的效率也比较高。但是 RBR 的专家知识和经验的获取比较困难,特别是对于系统比较复杂且规则的条件多解的系统,欲比较全面地收集领域专家知识和经验,困难更大,也就是我们常说的知识获取瓶颈问题。因此 RBR 的这种推理机制主要适应于系统不太复杂、领域专家的知识 and 经验比较容易收集的中小型知识系统,比如维修、教学类知识系统。

2.基于模型的推理机制

基于模型的推理机制 MBR(Memory-Based Reasoning)^[28]是利用作为待解决问题的系统结构或组成要素等的特性、原理或原则,先建立某一数学模型,然后再利用这一数学模型结合问题的条件,对系统进行推理、判断,以达到解决系统的目的。专家系统中专家知识的语义网络(Semantic Network)表示法就是一种模型表示法。

显然,并非所有系统都适合采用 MBR,有些复杂的系统根本无法建立起相应的数学模型。因此 MBR 的应用受到了一定的限制。

3.基于案例的推理机制

鉴于 RBR 和 MBR 在应用过程中所遇到的一些困难,特别是在复杂系

统中所遇到的困难，迫切需要寻找一种新的推理机制。由此便产生了基于案例的推理 CBR(Case-Based Reasoning)^[29]推理机制。所谓 CBR 推理机制就是直接利用与所给出问题相似的过去的成功实例或失败实例来推理出所求问题的解。在现实系统中有一些诸如矿井设计系统这样的复杂大系统，在这类系统中有许多分形系统，每一个分形系统通过几十年的发展，产生了许多适合于不同条件的固定模式，并且在现实工作中往往根据所给定问题的条件对某些模式稍加修改就可得到问题的解。同时对于不同的模式都有许多成功案例，这案例是进行系统推理的重要基础。但若将这些案例中的专家知识和经验抽出作为系统推理的基础有时是非常困难的，甚至是不可能的，而将这些案例(环境和模式的组合体)作为推理的基础，反而会使问题变得更加简捷。

1.2.4 专家系统的一般结构

专家系统的一般结构如图 1-2 所示。该结构包括六个部分：人机交互界面、知识获取、推理机制、解释机制、知识库、数据库^[26]。以 MYCIN 为代表的基于规则的专家系统便采用了这种结构。其中知识库、推理机和综合数据库是目前大多数专家系统的主要内容，而知识获取、解释机制和专门的人机界面接口是所用专家系统都希望具有的，但他们不一定都实现。

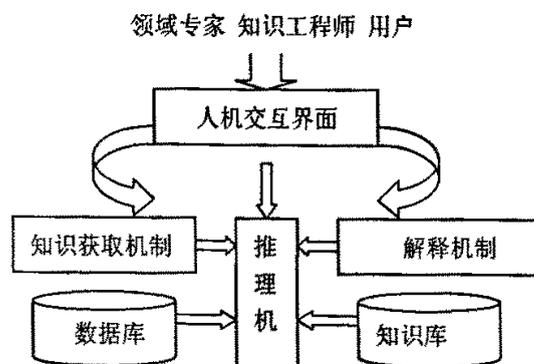


图 1-2 专家系统的一般结构图

Fig 1-2 expert system common figure

各部分的功能与作用如下：

1. 人机交互界面。将专家或用户的输入信息翻译成系统可接受的内部形

式，把系统向专家或用户输出的信息转换成人类易于理解的外部形式。

2.知识获取机制。在专家系统的知识库中用以代替部分工程师进行专门知识的自动获取，使专家系统完成自学习，不断完善知识库。

3.推理机。在一定的控制策略下针对综合数据库中的当前信息，识别和选取知识库中对当前问题求解有用的知识进行推理。

4.解释机制。根据用户的提问，对系统提出的结论、求解过程以及系统当前的求解状态提供说明，便于用户理解系统的问题求解。

5.知识库。用以存储领域专家提供的专门知识。专家系统的求解是运用专家提供的专门知识来模拟专家的思维方式进行的。因此，知识库的建立是建造专家系统的中心任务。

6.数据库。用于存放关于问题求解的初始数据、求解状态、中间结果、假设、目标以及最终求解结果。

1.3 本课题研究的背景和意义

本课题是在国家 863 主题专家组的大力重视和支持下进行，自 1999 年开始至 2004 年 12 月，我省先后进入 863-306 项目、863-11 项目全国示范区行列，省委省政府把“863”计划智能农业专家系统的推广应用作为推进信息化、农业产业化、现代化的标志性项目和转变农业生产方式和农民思维定势一个全新的、复杂的系统工程，并在全省各层机构的极力配合下得以落实。从工作的指导思想、发展重点、推广措施等各个方面逐层深入，因地制宜地发挥各个优势，务求实效地创新机制，在不断探索中已经形成了既具有山西特色，又富有推广价值的示范区体系，目前为止已全面完成了项目合同规定的各项工作任务，2005 年 12 月通过国家 863 主题专家组验收。

山西省是以农业生产为主的大省之一，其中马铃薯种植面积达 30 万 hm^2 。因此，加快农业信息技术研究，发展数字农业已成为优化产业结构，提高山西经济效益和构建与发展高技术体系的必然选择。在国家 863“智能化农业化信息处理系统”示范区的推广中，农业专家系统的应用提高了作物生产

和栽培管理水平，但二次开发过程中也发现系统对时空因素和作物生长模型支持度不够，经验知识转化规则困难等等，利用规则推理的农业专家系统尚不能最大限度满足用户需求。

因此，基于农业专家系统与马铃薯生长模型的特征、应用状况，本人在完成基于国家项目的规则推理的马铃薯专家系统开发的同时，提出了将专家系统的另外一种案例推理技术与农业专家系统结合的方法，可望兼得作物生长与专家系统的优点，利用相似度找到满意的解答结果，结合专家知识，可选择最佳方案进行处理，进行及时的科学决策，实现预测与决策功能，提高作物生产和栽培管理的决策水平。

863 智能化农业专家系统的示范应用与推广已经成为我省科技兴农的重要举措之一。最为重要的是通过本系统的开发能使大家更广泛的了解有关马铃薯方面的综合知识，为马铃薯的种植提供更直接更方便的方法为用户服务，为后续马铃薯专家系统的开发提供新的途径和思路。

1.4 本课题研究的主要内容及各章安排

本课题进行的主要工作是完成国家 863 项目“山西省农业处理信息系统”的二次开发，本人负责的是在马铃薯专家系统的开发，利用已有的 SQL 数据库知识系统和领域专家的经验知识，建立新的知识库和规则库，研制出了基于规则推理技术的马铃薯专家系统。在项目开发的同时，本人又提出了另外一种基于案例推理技术的马铃薯专家系统平台雏形，并通过 VB 编程最终实现，但目前仅处于探讨阶段，系统还待于逐步成熟完善和实践检验。针对农业领域知识的模糊性和不确定性，RBR 马铃薯专家系统的应用性和优越性已得到专家组的肯定，我们的目的是系统可以帮助用户解决更广泛问题，真正实现农业信息技术的推广。

全文安排如下：

第一章 绪论。简要介绍了农业专家系统在国内外的的发展概况、专家系统的研究方法，本课题的研究背景、研究意义以及论文各章安排。

第二章 RBR 马铃薯专家系统。主要介绍了 863 项目开发的 RBR 马铃薯专家系统的模块设计、模块实现以及关键技术探讨。

第三章 案例推理方法。提出了案例推理理论，给出了案例推理工作流程以及讨论案例推理中常见几种检索案例算法。

第四章 基于案例推理的马铃薯专家系统中的平台设计和实现。包括从系统整体结构、工作流程、案例的具体提取、案例的表示、案例库的建立、案例的检索、案例库的维护到系统平台的建立和试运行。

第二章 RBR 马铃薯专家系统研制

马铃薯是一种抗灾能力极强的农作物。由于其适应范围广、增产潜力大、经济效益高等优点，在农业经济结构中占有非常重要的比例，尤其是对海拔高、气温低、无霜期短、十年九旱的高寒丘陵山区，有着更为重要经济意义。随着商品经济的发展，山区农民的膳食结构发生了很大转变，马铃薯作为一种经济农作物，除一般食用外，还可作饲料、食品加工和轻工业原料，制品达两千多种。如何充分利用马铃薯资源优势，在产品深加工增收增值上做文章，是山区农民脱贫致富、经济上彻底翻身的大事。我省在马铃薯生产和科学研究方面具有多年积累和较有成就的专家，其中既有从事生态研究多年的专家，也有从事遗传育种研究较长的学者，还有指导全省马铃薯生产具有丰富经验的专家，并具有与计算机专家共同研究的经验，这些创造了构建山西省马铃薯专家系统的良好基础。

本章主要阐述了山西示范区 RBR 马铃薯专家系统的研制与开发，包括系统开发方案建立、系统实现、关键技术等几个部分的内容。

2.1 系统开发方案及目标

农业专家系统是把农业领域的专家知识、实践经验、科技成果、数据资料、等有关信息与计算机技术相结合，构建了针对不同情况推荐优化方案的综合性专家系统。通过大面积的推广应用，对推动农业科技进步有重要的理论价值和实践意义。RBR 马铃薯专家系统是运用信息技术、人工智能技术，多媒体技术等，汇集农业领域专家的知识、经验和技能，结合相应的计算机技术研制而成科学指导农业生产实际。

山西省马铃薯专家系统的总体目标是从山西农业实际出发，通过农业专家和计算机专家紧密协作，采用智能化信息技术高度集成、组装配套具有重要推广价值和前景的农业技术成果，开发出既可在单机运行又可在网络上运行的面向基层的专家系统软件。根据我省南北跨越大、海拔差

异多、生产环境复杂以及马铃薯生产现状差别大的特点，应用马铃薯专家系统和网络技术，将我省马铃薯主产区、中部、南部的马铃薯生产管理的有关问题，通过网络信息技术，将马铃薯专家的最新科技研究成果尽快地传授给农户，使马铃薯生产的科学技术尽快得到普及、传播，直接指导我省马铃薯生产，带来长远有效的经济效益。

2.2 系统开发软硬件环境

对于单机运行而言，系统所需的硬件环境为 IBM-PC 机及其兼容机，软件平台为 Windows9x/2000。

对于网络运行而言，系统采用三层 C/S/D 结构。Web 浏览器为表现层，提供人机交互界面，包括多媒体信息、表单提交以及决策结果等；服务器为应用层，提供专家系统中与应用逻辑有关的各种服务构件；数据库系统为数据层，提供各类数据库，包括知识库、模型库等。网络操作系统采用 Microsoft NT Server 4.0，Web 服务器采用 IIS4.0，数据库服务器采用 Microsoft SQL Server 7.0。硬件环境要求 P II 400/40G/256M 以上。用户可以通过 Internet/Intranet 来实现对专家系统的访问。

2.3 系统的结构框架

系统结构框架采用了当前比较流行的 Web 应用主流技术即“Web 浏览器/Web 服务器/数据库系统”（即 C/S/D）的三层分布计算体系结构^[16]如图 2-1，Web 浏览器提供专家系统人机交互界面，为用户提供多媒体信息显示，决策结果等；Web 服务器为应用层，提供专家系统中与应用逻辑有关的各种服务构件，也是系统运行的枢纽部分；数据库系统为数据层，提供和管理各类数据库，包括对数据库、知识库和模型库的存取访问。

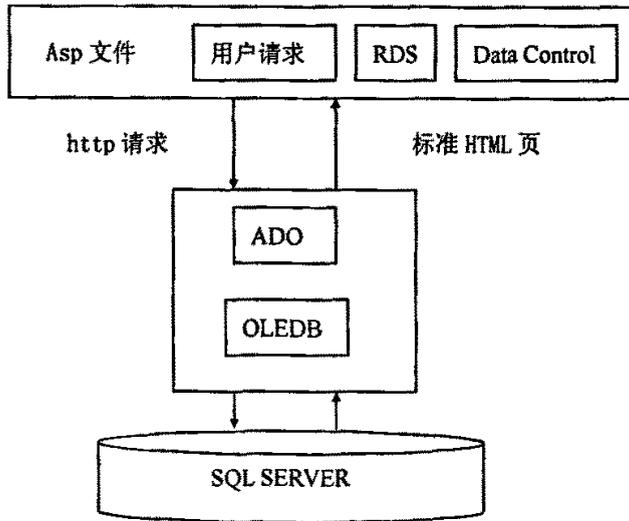


图 2-1 三层分布计算体系结构

Fig 2-1 the structure of three layer computer system

这种结构以后台数据库为核心，在 Web 服务器端挂接服务器构件，通过前台浏览器管理和运行。首先，浏览器（本系统要求出 IE4.0 以上）通过提交表单向服务器发出 HTTP 请求；然后，服务器在适当的条件下响应请求并产生相应动作，通常是利用脚本程序采集并分析提交的数据，需要访问数据库时可利用 RDS、ADO 等数据库访问技术通过 ODBC 访问后台数据库；最后生成标准的 HTML 语言内容下载到客户端浏览器。整个过程结构清晰、安排合理，便于理解。

采用这种三层 C/S/D 结构，具有开放性、扩展性好、维护方便、客户端界面统一简单、成本低、跨平台性等诸多优点^{[20][23]}。另外，系统可在可在单机环境下实现和运行如图 2-2 所示，也可在分布于网络环境下的多计算机上实现和运行如图 2-3 所示，方便了具备上网条件用户的问题。

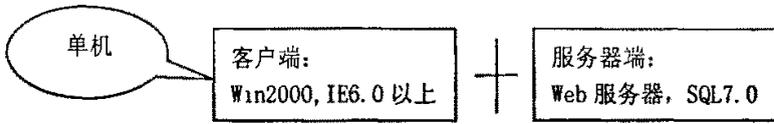


图 2-2 单机运行环境

Fig 2-2 the setting of stand-alone running

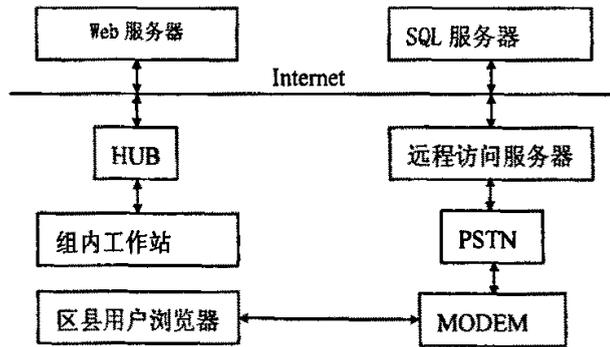


图 2-3 网络运行环境

Fig 2-3 the setting of network running

2.4 多媒体子系统设计

本系统运行于 Internet/Intranet 之上，因此用户通过浏览器就可以获得他们所需要的很多信息。为体现系统的独特性，以及考虑用户使用的便捷性，我们根据马铃薯生长特性及生产管理特征，设计了多媒体子系统模块。

2.4.1 系统模块划分

具体而言，系统针对马铃薯生长发育过程的特点及其在生产实践中的主要问题进行了模块划分，划分为十个模块即：形态特征、环境效应、生长发育、栽培区划、收获贮藏、加工利用、退化脱毒、病虫草害、品种介绍以及视频部分，它们都作为一个单独的模块存在，并采用超级链接技术随时调用所需内容。用户可根据不同的生产需要选择不同的模块。整个马铃

薯专家系统属于山西省神农网的子系统。采用这种层次化、模块化结构，不但解决了用户随机查询的问题，又便于系统的及时扩充和维护。

系统实现的主要功能有：

- (1) 形态特征，介绍了马铃薯的根、茎、叶、花、果实等知识；
 - (2) 环境效应，包括影响马铃薯生长的水分、温度、养分、光照、气体以及土壤等主要环境因素；
 - (3) 生长发育，包括马铃薯各个不同种植时期介绍；
 - (4) 栽培区划，包括播种、苗期管理、中期管理、后期管理等；
 - (5) 收获贮藏，包括收获期、收获方法、现代贮藏方法等；
 - (6) 加工利用，包括干制品和油炸制品的加工，以及马铃薯的综合利用；
 - (8) 退化脱毒，包括用户所关心的退化脱毒资料。
 - (9) 病虫害害，包括马铃薯各个生长时期的病(包括生理病害)、虫、草害的防治措施，并对其作了简单的智能诊断；
 - (9) 品种介绍，介绍了中晚熟品种、早熟品种、新品种；
 - (10) 视频，包含了丰富的录像资料；
- 其多媒体子系统框架图 2-4 所示。

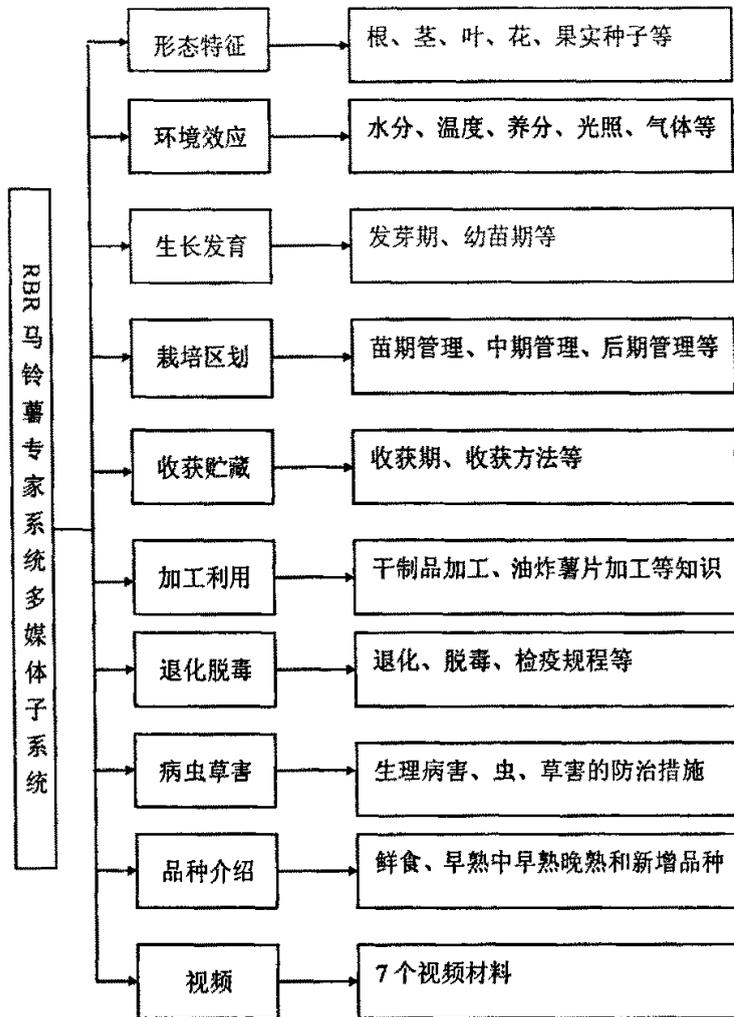


图 2-4 多媒体子系统结构

Fig 2-4 the structure of multimedia subsystem

2.4.2 系统设计方案

多媒体信息子系统的设计是 RBR 马铃薯专家系统的组成之一，主要采用了 HTML ,Photoshop7.0, VBSCRIPT,ASP.NET,ADO.NET 等技术，通过 Dreamweaver 等软件设计，把马铃薯种植过程各类知识通过文字、声音、

图像、视频等方式传达给用户，建成一个基于 Internet/Internat 的信息系统。

由于系统中需要包含大量的图片搜集、多媒体音频、视频等信息，因此设计中也注重了图片和录像的裁剪环节。

系统的使用主要是从用户的具体需要出发，根据农业专家提供的具体材料对马铃薯的知识内容进行了全面更新，丰富了网页的内容，用户更容易从中学到有用的知识。

总之，多媒体信息交互子系统的设计中，综合运用了 ASP.NET 及各种脚本语言，提高了系统的人机交互能力。采用 Windows 2000 Server 所提供的 IIS 中的 WWW 服务器，利用 Photoshop, Dreamwaver, RealProducer 和 Inter Dev 等开发工具对文本、图像、动画、音频、视频等信息进行有机集成，形成图、文、声并茂的 Web 页面。

2.4.3 系统的实现

经过子系统的模块划分和方案设计，我们统一了整个页面格式，使得界面更加层次化、简洁化、新颖化、操作化，可适用于多种浏览器。

主页面的运行效果如图 2-5 所示。



图 2-5 多媒体主页面

Fig 2-5 the homepage of multimedia subsystem

为方便用户使用，我们采用了表单处理技术及对话框提示的方式，力求页面布局简明直观。例如，马铃薯病害、虫害生理病害、草害等的查询，如图 2-6 所示。

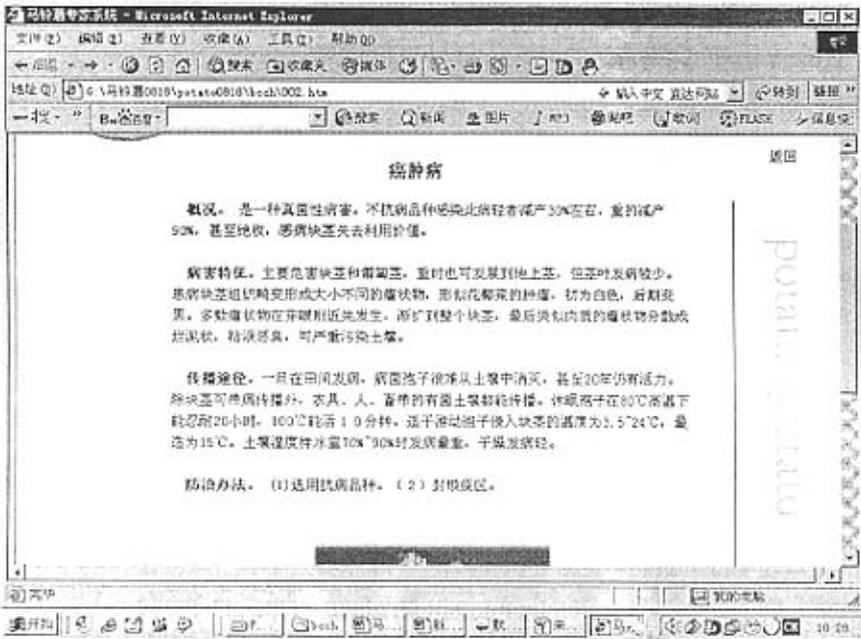


图 2-6 病害页面

Fig 2-6 the page of disease

上述功能的主要使用 HTML 和 XML 技术, 部分页面的设计还使用了 ASP 技术。考虑到系统需要包含众多的多媒体信息, 因此我们也注重了图片及视频的剪裁设计。

2.5 智能决策子系统设计

智能决策子系统的设计是 RBR 马铃薯专家系统的重要组成部分, 是专家系统的最主要应用。

2.5.1 系统决策模块划分

本系统从实际需要出发, 依据马铃薯生长发育的特点以及农业生产中常见问题的特点, 把系统模块化设计, 便于对用户进行马铃薯种植的专家性指导和帮助。完成了系统中用户可以进行决策的模块和规则数如表 2-1。

表 2-1 决策模块和规则数

Tab 2-1 modules and rules of decision-making

决策项目	规则数	决策项目	规则数
播期决策	18	马铃薯加工决策	30
马铃薯密度决策	36	马铃薯储藏决策	37
无测水灌溉决策	140	新有测土氮肥决策	52
有测水灌溉决策	48	新有测土磷肥决策	45
一季作中熟播期决策	29	无测土依地可估氮肥	52
病毒病诊断决策	49	新无测土氮肥决策	53
病害诊断决策	48	新无测土磷肥决策	44
虫害诊断决策	36	新无测土钾肥决策	40
马铃薯品种决策	23	土壤质地判定决策	5
马铃薯地块选择决策	18	二季作春播播期决策	36
播种薯需用量决策	2	二季作秋播播期决策	31
马铃薯播种面积决策	2	有测土依地块肥力钾肥	40
马铃薯密度决策 2	2	无测土依地块可估钾施肥	38
马铃薯田间管理决策	8	无测土依地块可估磷施肥	41
机械化栽培决策	15	总模块数:29	总规则数:1047

2.5.2 系统设计过程及实现

本系统的设计中,采用 Windows Server 2000 为系统网络运行环境,引进国际上先进的专家系统建造技术,以国防科技大学提供的基于分布对象技术和软件构件化技术专家系统开发工具 CIMAIS 为核心,同时引进基于 Web 数据库,通过 ODBC 形成开放型数据库集成,在北京农业信息中心提供的农业专家系统平台基础上开发完成。

RBR 马铃薯智能决策子系统是采用 PAID4.0 进行开发设计的,所以主要从决策模块的建立,标准表的建立,事实表的建立,知识规则的建立,智能决策的建立等几个环节组成。

(1) 决策模块建立

进入系统主菜单下定义专业领域和模块:决策模块编辑界面如图 2-7 所示。



图 2-7 决策模块显示

Fig 2-7 the show of decision-making module

由此，用户可以在播期、密度、灌溉、病害诊断、收获和贮藏等各个方面作了一个总体的认识，在查询前有一个总观的向导，便于用户查询。

(2) 事实表的建立

事实表是进行推理的基础，因此建立完善的、用户易于输入的事实表至关重要。在 PAID4.0 软件基础上，事实表的所有事实都是专家给出的，知识规则的建立正是事实表的建立基础。在推理开始以后，推理机从事实表中读出用户输入的特定数据，利用规则进行推理。同时事实表中的数据必须与规则中的相对应。在进行决策时，考虑到用户的提问也是很模糊的，主要是采用查代功能，用户只需点击即可。如土壤质地判定决策事实表如图 2-8 所示。



图 2-8 事实表编辑界面

Fig 2-8 The Editor Interface of Fact Table

智能部分最终集成的用户可以录入的事实表如图 2-9 所示。



图 2-9 用户录入数据事实表主界面

Fig 2-9 The Main Interface of Entering Data Fact Table of User

(3) 知识规则建立

规则的建立是在知识获取前提下进行，RBR 马铃薯专家系统智能决策开发的过程中，知识获取的工作量占了很大的部分，并且在使用过程中仍然需要不断地修改、扩充、完善，知识获取工作贯穿于马铃薯决策系统开发的全过程。

首先，确定知识源。智能化马铃薯推理决策系统的主要知识源有：①领域专家；②领域专家解决问题的实例，以及隐含在专家头脑中的思维逻辑和问题求解的经验；③基础理论及实用科技资料。一个推理决策系统中知识的广度、深度、有效程度与选择的专家是密切相关的，有人把推理决策系统成为“专家的系统”，足以见得推理决策系统对专家的依赖性，所以专家的确定是一个推理决策系统质量的决定性因素。本系统的知识源是本人与山西省农科院高寒所的农业专家密切配合取得。

其次，规则形成阶段。这是本智能决策系统的重要阶段，系统模块原型经过了反复评价、修改并通过实例进行测试，分析了本决策系统知识库和推理机中的弱点（包括知识库中知识的矛盾性或不精确性可能导致的实例问题的错误结论和人机交互方式中的数据输入/输出模式是否合理等方面）。如：在马铃薯有测土条件下施肥决策的数学模型，经过与马铃薯专家的多次交流，修正及大量数据试验，最终确定数学模型为：
$$\text{氮肥量} = [(\text{目标产量} - (\text{土壤碱解氮含量} \times 0.15 \times 0.5)) / 0.446 - (0.3 \times \text{有机肥等级} \times \text{有机肥用量}) / \text{化肥含氮量}]$$
。其中要用到下表

表 2-2 马铃薯有测土条件下施肥决策开发表格

Tab 2-2 The develop Table of Potato

目标产量(kg)	百公斤籽粒需氮量(kg)	百公斤籽粒需磷量(kg)	百公斤籽粒需钾量(kg)
目标产量<500kg	0.6	0.24	1.32
500 ≤ 目标产量 <1500	0.55	0.23	1.52

1500 ≤ 目标产量 <2500	0.51	0.22	1.63
2500 ≤ 目标产量 <4000	0.47	0.21	1.69
4000 ≤ 目标产量 <5600	0.43	0.20	1.72

另附：土壤碱解氮含量的利用率，氮肥：0.5 碱解氮，磷肥：0.4 P₂O₅，钾肥：0.6 K₂O。即在磷肥与钾肥决策中将上式中的 0.5 分别改为 0.4, 0.6。

注：有机肥利用率平均 25%，化肥：硝铵 65%，氯化铵 60%，硫化铵 55%，尿素 60%，过磷酸钙 25%，硫酸钾 50%，氯化钾 50%。

利用数学模型建立的马铃薯有测土条件下施肥决策结果与实验数据预期结果一致，则有施肥决策知识规则编辑界面如图 2-10 所示。



图 2-10 有测土条件下施肥决策知识规则编辑界面

Fig 2-10 The Rule Editor Interface

(4) 智能决策建立。这是最终结果，也是我们的检测规则正确与否的一环，下面图 2-11 是我们的一个病害决策结果显示。

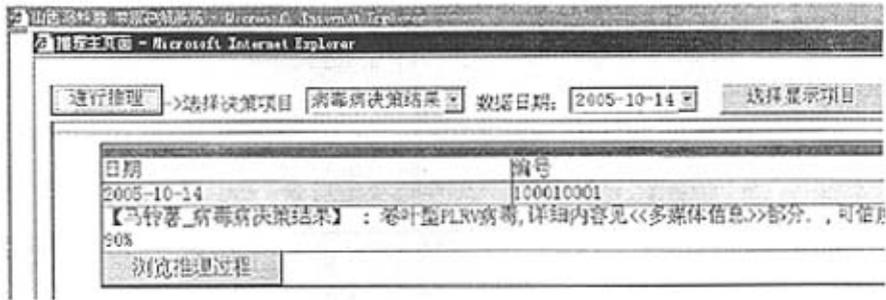


图 2-11 决策结果显示

Fig 2-11 the show of decision-making result

2.5.3 系统的知识库及推理机制

一个典型的智能决策系统通常包括了三部分:知识库、推理机与用户界面。其中,知识库组织事实与规则,推理机根据知识库中有效的事实与规则进行推理^[26]。

(一) 系统知识库

知识获取是 RBR 马铃薯专家系统的一个长期而又艰巨的任务。我们与农业专家紧密合作,不断地完善元知识的构建,鉴于农业知识有其特殊性,我们使用了知识库框架模型。例如,马铃薯施肥决策,本人与农业专家前后讨论了很多次,才最后完善了规则描述,细化了决策模块。

(1) 知识的定义:由于知识所确定的范围很广泛,通常,他们无法在计算机中完全表示,一般而言,能在计算机中表示的知识都需要统一的结构模式和有限一致的符号,而且这种模式和符号能够构成一个合理的体系。在知识库系统中,主要采用“概念——事实——规则”三层知识体系。

① 概念知识:又叫概念,给出了知识最基本的内容,它处于知识的最底层。

② 事实知识:它由概念组成,建立了概念之间的最基本的联系。

③ 规则知识:它由事实组成,建立了事实之间的联系,如因果联系等。

知识是人类在实践中所积累的认识和经验的总和。对于什么是知识,人们还没有给出严格的定义。几种比较有代表性的定义是:Feigenbaum 认为,

知识是经过削减、塑造、解释、选择和转换的信息。而 Bernstein 则认为，知识是由特定领域的描述、关系和过程组成。Heyes-Roth 认为，知识=事实+信念+启发式。虽然关于知识的定义有各种形式，但可以看出，知识代表着专门化信息，专家知识则是特定领域的专家所拥有的一种专业化的知识，它们通常不能从图书、报纸等公共信息源中找到，是一个领域专家经过多年的经验和自己特定的思维所积累的。元知识是关于知识和专家知识的知识。由于一个专家系统可以设计为具有几个不同领域的知识，元知识可以设计为描述哪个知识库是适用的，还可以决定某一领域中哪组规则最合适，提高专家系统的决策效率。

(2) 知识表示。知识表示是关于各种数据结构及其解释过程的结合。知识表示在专家系统中非常重要，有两个原因：其一是专家系统外壳是为某种类型的知识表示方法设计的，例如规则或逻辑；其二是一个专家系统表示知识的方式影响着系统的开发、效率、速度和维护；

对知识表示的要求有：

表示能力：能正确地、有效地将问题求解所需的各类知识表示出来。

可理解性：所表示的知识应易读、易懂、便于知识获取、知识库的检查修改及维护。

可访问性：能有效地利用知识库中的知识。

可扩充性：能方便的扩充知识库。

此外还有相容性、正确性、简洁性等等。

农业科研、生产中的专家知识范围广泛，知识类型复杂，既有定性的，又有定量的，既有确定的、结构化的易于表示的知识，又有非不确定的、非结构化的不易表示的模糊知识，因此，在构建一个模块化的智能化马铃薯决策系统的过程中，选择正确的知识表示方法至关重要。规则或者所谓的产生式规则表示方法是目前推理决策系统中普遍使用的最广泛的一种知识表示方法。使用这种表示方法的推理决策系统称为基于规则的推理决策系统。规则的选择是一个十分重要的问题，它决定推理的效率，如果规则

选择不当, 将导致系统效率低和可靠性差, 它的研究已成为本系统的重要课题。针对农业专家知识的多样性和马铃薯的特色, 在本系统中, 我们提出了将多种方法结合使用, 并对基于规则的推理决策系统的缺点和不足做了改进, 对其规则方法进行了扩展, 下面将介绍这种基于规则扩展的知识表示方法。

本系统采用的就是传统的专家系统中基于规则的推理决策系统用到的一种知识表示形式:

IF 前提条件 THEN 结论

上式表示的关联形式, 反映了信息间的某种因果关系, 我们称之为产生式(规则)表示法。

产生式系统是从 Post (1943) 提出的一种计算形式体系那里得来的, 这种形式体系是以串替代规则为基础。通过一个简单的策略来模仿人们求解问题时的某种行为。可以看出一条产生式规则是一条“IF(某条件(condition)成立|某情形(situation)存在), THEN(某结论(conclusion)成立|某操作(action)可取)”的语句投影。由于农业领域“条件”、“动作”、以至于规则都具有不同程度的模糊性, 我们引入了可信度因子(Certainty Factor, 简称可信度或 CF)表示证据或结论可信度, 以模糊化前提条件, 用规则强度描述知识或规则的不确定性, 并设置了规则的激活阈值。

采用各个子句(前提条件)综合加权模糊算法, 即各个“与”关系子句的权值之和为 1, 各个“或”关系子句相当于一个“与”关系子句。

在知识库中, 由产生式规则表示如下:

知识 ID: ID 号

如果: 前提条件 P_1 (权重 ω_1 , 可信度 v_1), 且前提条件 P_2 (权重 ω_2 , 可信度 v_2), ……., 前提条件 P_n (权重 ω_n , 可信度 v_n)。

则: 结论。

规则强度: x ($x \in [0,1]$)

条件阈值: τ ($\tau \in [0,1]$)

其中, 前提条件的权重 ω 是指该前提条件在该规则所有前提中所占的重要性程度, 且 $\sum_i \omega_i = 1$, 权重一般也由专家给出。

条件阈值 τ , 是指该规则被激活所需要的最小条件真度, 一般大于 0.5。设 $t = \sum_i \omega_i \times v_i$, 若 $t \geq \tau$, 则在推理机访问知识库时该规则被激活, 可以采用此规则, 反之, 则不采用该条规则。

(3) 专家知识

实际上, 知识并不完全表现为某种适于抽象分类的形式。它可以有许多形式, 最常见的是经验的联合。农业专家有许多这种知识(观察数据的可能因果关系形式)。同这种知识相联系, 专家应用试探的方法, 把概率的、错误的和不确定的数据同推理结合起来, 同时, 专家还有其它形式的知识, 它们以概念、约束和管理操作的规则形式出现。

农业专家具有大量私有知识, 是在公开文献中找不到的。在必要时, 按照人们做出的猜想, 以找到对解决问题有希望的方法, 并能有效地处理有错的或不完整的数据。专家之所以称之为专家, 决不仅仅是因为他对某领域的公共知识比其他人掌握的更多更好, 而是由于上面提到的私有知识, 除此以外, 专家还有比一般人强的发现领域知识的能力。为了认识专家的行为, 就要考虑到知识和技巧之间的差异。技巧意味着具有正确的知识和有效地使用它。一个技巧化了的描述系统包括许多特性, 这些特性通常指高速或高效, 减少误差, 降低认识的负担(附加需要), 以及提高适应性和完美性等。知识工程提出建立有技巧的计算机系统的问题, 首先它以集聚专家的知识为目标, 然后在一个有效的实施过程中组织它。

(4) 知识获取的过程及方法

一个专家系统中的知识获取从确定各种知识源(书本或专家)导系统投入用户的使用需要经过不同的阶段, 不同的阶段需要用到不同的技术, 这些阶段可概括地分为: 知识源的确定、概念化、形式化、实现、测试和完善等六个阶段。

①知识源的确定。在知识获取过程之前, 知识工程师需要在待建模的

问题领域选取一个或多个领域专家、甚至是多学科的专家，以请教的方式学习与领域有关的知识，获取领域问题的基本概念。在对领域问题有了大致了解后，通过同各专家交换待建模的问题领域意见，包括待建模的问题领域是否期望专家系统求解的意见，确定参与系统研制的合作专家。一个专家系统中知识的深度、广度、有效程度与选择的专家是密切相关的，所以专家的确定要格外谨慎。专家确定后，知识工程师与专家密切配合，制定专家系统的设计目标，包括专家系统这一块如何从待建模的问题中分离出来，然后确定知识源。知识源包括专家过去的问题求解实例、教科书以及隐含在专家头脑中的问题求解经验等。

②概念化阶段。通过各种知识源的获取和专家的密切配合，把前述确定的系统的主要概念、关系以图解的形式描绘出来。这一阶段包括：确定数据类型，分析系统预定的输入输出、系统目标的分解、每个目标的约束、领域问题的求解策略、通常可使用的局部假设、问题领域中各实体的相关性（包括局部整体关系）和问题求解实体间的因果关系、集合包含、层次结构等等，这一阶段往往要消耗较多时间。

在问题识别阶段所提出的关键概念和关系在这一阶段将以更直接明显的方式得到描述和说明。通常，知识工程师以图的形式，更形象和更准确地阐述这些概念以及相互之间的关系，并把此作为试验系统的概念化基础。

在这一阶段，领域专家与知识工程师之间的反复磋商是十分必要的，双方都应对所投入大量时间有足够的耐心。人们总想在运行试验系统之前就能正确和完整的分析和认识问题，经验证明，这是不现实和有害的。一旦主要的概念和关系被明确建立起来，就应当开始形式化描述其工作，并尽早实现试验原型的运行。而这一具体实施过程所提供的经验、教训和启示，对于知识工程师进一步深入的认识问题和提出有效解决办法来说是极为有益的。最终的概念化结果应当通过典型的问题实例加以验证，并在验证过程中进行反复的修改，直至其能够充分说明具体的问题解答过程并与之相一致为止。

③形式化阶段。选择合适的知识表示模式把概念化阶段上抽取出来的主要概念、子问题和信息流特征，由一定知识工程工具或构架所规定的表示形式加以最终的描述出来。这一阶段包括揭示用于生成问题求解过程的基本推理模式，理解问题领域的的数据性质，数据性质包括获取方式、精确性和一致程度等，确定数据的结构，从而相应设计上下文的结构。

了解和建立用以产生问题解的过程的基础模型是形式化阶段中重要的一步。有两种模型—行为模型和数学模型。如果专家在推理或验证推理时采用了单纯的行为模型，那么通过认真的分析研究，人们可以从中获得许多重要的概念及关系。如果某一部分概念结构的基础是数学模型，那么它可能提供可直接包含在专家系统内的充分的有关问题解答的信息，也可能只是用来判定系统知识库中因果关系的一致性问题。理解问题领域中数据的性质，对知识形式化表示有同样重要的意义。

④实现阶段。把形式化的知识映射成一个可执行程序，形成一个模型专家系统。实现阶段可能会发现形式化阶段所确定的推理模式、知识表示和上下文结构的不匹配，需要知识工程师同专家配合以消除整体上的不一致性。实现阶段是系统开发的一个重要步骤，这一阶段原型系统一定要反复评价、修改，才能投入使用。原型系统能运转以后，知识工程师要选择几个合适的测试实例，来分析系统的知识库和推理机的弱点（包括知识库中知识的矛盾性或不精确性可能导致实例问题的错误结论和人机交互方式中的数据输入/输出模式是否合理等方面）。这一工作在系统建造过程中也称为测试阶段。

⑤测试阶段。一旦试验系统运行了两三个实例后，为了估计系统的性能和系统赖以实现的表示方法，应当通过各种不同的实例来测试系统确立的知识库和推理机构的不足或问题所在。有经验的知识工程师应当能够从领域专家那里选择出对系统性能有挑战性的实例，以尽可能彻底地暴露系统的严重不足和缺陷。通常，导致系统性能方面问题的主要因素有输入输出特征，推理规则，控制策略和测试实例。

推理方面的错误常源于推理规则中的问题。完全相互独立的推理规则式不多见的，尽管设计人员出自设计上方便，常常假定规则是相互独立的。此外，规则可能是错误的，矛盾的，不完备的甚至是完全遗漏的。

试验系统的错误，还常常出现在控制策略方面。当系统考虑具体事项的顺序与领域专家所采取的顺序不同，知识工程师一定留意控制结构方面的问题。排序并不简单地是一个美学方面的问题，数据之所以一定要以某一特定的顺序来考虑，都有其推理效果与效率方面的充分理由。

最后，测试实例选择也会影响对试验系统性能的估价。因为，如果所选择的试验实例不能包含和反映问题领域的各方面，甚至不在应涉及的问题范围之内，那么系统在测试中所表现的性能就可能是一种假象。

⑥完善阶段。专家系统问题具有不良的结构特点，系统投入运行后随着实际问题的求解，专家、知识工程师、系统自身随着经验的积累在原有知识库的基础上进行扩充或改进。

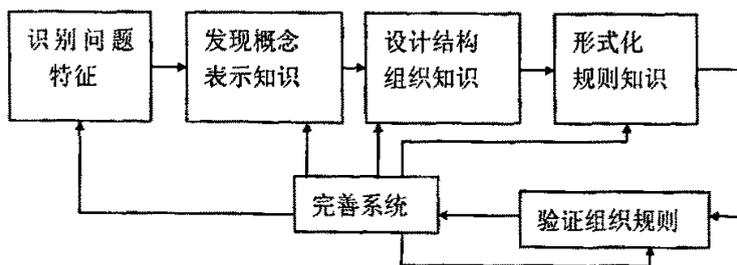


图 2-12 马铃薯专家系统知识获取过程

Fig 2-12 The Knowledge Acquisition Process of Inference Strategy

在我们所研究和开发的系统中，知识库主要由规则库、静态知识库和动态知识库构成。这三种知识存储方式依靠大型数据库 SQL 7.0 来实现。

为了便于系统检索，规则中各条件部分和结论部分的表示法与全局数据库中数据的表示形式必须保持一致，并尽可能简化，这样也便于推理机将规则的条件与全局数据库中的数据进行比较判断，根据动作部分修改全局数据库的数据。其次，给不同的农业生产决策模块分别以不同模块名、

知识 ID 来标识, 同时为了系统管理需要, 还有一些文件管理和控制表的设计。根据需要划分为元知识表、知识表、结果表、文件类别表、控制文档、界面文档、事实表、模块定义表、地理信息表、系统运行参数表等等。

利用 ODBC 可以使得知识库的访问容易实现。当用户填写事实表中的各项数据并发送后, 数据就被提交到相应的 ASP 程序, 由后者建立与知识库的连接, 并在推理模型的控制下完成推理任务, 然后结果被送到客户端的浏览器。

(二) 推理机制

推理机的功能是根据一定的推理策略从知识库中选择有关知识, 对用户提供的证据进行推理, 直到得出相应的结论为止。农业领域中的专家知识和系统要处理的知识往往是具有不确定性, 是模糊的, 而不是概率的, 因此采用不精确推理。这类推理所处理的事实和结论之间存在着某种不确定性的因果关系, 或者事实是不确定的。这类推理的基本思想是给各个不确定的知识某种确定性因子, 在推理的过程中, 依某种算法计算各中间结果的确定因子, 并沿着推理链传播这种不确定性, 直到到达结论。当结论的确定性因子超过某个阈值后, 结论便可成立。

推理就是依据一定的原则和事实推出结论的过程。从逻辑角度划分, 推理方式有: 演绎推理、归纳推理、外展推理、非单调推理和不精确推理。从推理方法分类, 可以有: 基于规则的推理、基于模型的推理和基于事例的推理三类。

本系统采用的是基于规则的推理方式, 因而其推理机制是演绎性推理。规则中的结论可以是另外一些规则的“前件”(前提条件), 而某些规则的前提条件也可以是另外一些规则的结论。利用产生式系统的推理机制可以是前驱动式和结论驱动式两种, 分别对应正向推理和反向推理。

正向推理的推理过程是: 系统根据用户提供的原始信息, 在知识库中寻找能与之匹配的规则, 若找到, 则将该知识块的结论部分作为中间结果, 利用这个中间结果继续与知识库中的规则进行匹配, 直到得出最终结论。

反向推理的推理过程为：先提出假设，然后由此出发，进一步寻找支持假设的证据，当所需的证据与用户提供的原始信息匹配时，推理成功。由于正向推理中匹配的低效率和知识的无方向性，反向推理中顶层目标选择的盲目性，在设计推理机制中还可以采用一种混合推理策略，混合推理策略的推理过程为：根据原始数据通过正向推理帮助提出假设，再用反向推理进一步寻找支持假设的证据，反复这个过程，直到完成推理任务。

目前，我们已经在多项模块决策中使用了多级推理^{[26][27]}。多级推理的主要优点在于：第一，在构建规则库时可以大大减少了数据组合数量，从而减少了规则数量，可以提高推理的效率；第二，在数据组合量很大的情况下，可以有效地减少规则数量，消除推理瓶颈；第三，控制策略的执行效率高，易于快速搜索匹配，对于不合理数据能够及早发现；第四，推理结构层次清晰精练，调试和维护极为方便，当模型的个别因子因农业条件变化而需要修正时，不必做大的改动就可以实现升级。要实现多级推理必须认真分析和钻研模型，合理设计推理结构和层次。在数据组合数量较少的情况下，从前提事实直接推理出结论的优点是十分明显的，开发容易，不易出错。综合两种推理机制的优缺点，我们根据马铃薯决策模块的需要，在不同模块采用了不同的推理机制。

鉴于农业专家知识的复杂性，尤其是知识整理中需要大量的资料，并且受农业生产周期限制，因此，系统无法提供自动学习功能。由于农业专家系统要为用户提供可靠的生产指导，所以，系统知识库的更新与扩充由农业专家和知识工程师共同完成。马铃薯专家系统开发完成后，我们分别在五台、忻州、屯留等示范区投入运行，并且用户可以通过直接访问Internet(<http://www.shengnong.net.cn>)来获取一些比较直观的信息。在运行中，我们并多次对用户进行了认真培训，效果良好。

2.6 系统关键应用技术

(一) 最新的 XML 技术

作为一个多媒体网页专家系统，需要把权威领域专家的知识通过文字、符号、声音、图形、图像、视频流等方式传达给用户，构成一个基于 Internet/Intranet 的信息系统。XML 能够有效地表达网络上的各种知识，为信息的交换和计算提供新的载体。XML 可以说是网络信息的标准代码，它表示的不是符号信息，而是知识化的块状内容。它代表了网络上的互操作的方向。例如，本专家系统中，采用 XML 技术在病虫害模块中实现了查询功能，并利用超链接使用户能够方便地查询详细情况。

XML 代表 Extensible Markup Language (Extensible Markup Language 的缩写，意为可扩展的标记语言)。XML 是一套定义语义标记的规则，这些标记将文档分成许多部件并对这些部件加以标识。它也是元标记语言，即定义了用于定义其他与特定领域有关的、语义的、结构化的标记语言的句法语言。

XML 不只是像超文本标记语言(Hypertext Markup Language, HTML)或是格式化的程序，而是一种元标记语言。用户可以定义自己需要的标记。这些标记必须根据某些通用的原理来创建，但是在标记的意义上，也具有相当的灵活性。例如，假如对于处理马铃薯病害有关的信息，需要描述病害的信息、别名、习性、防治办法、图片等，这就必须创建用于每项的标记。新创建的标记可在文档类型定义(Document Type Definition, 简称为 DTD)中加以描述。XML 由称为“实体”的存储单元组成，每个实体包含文本或者二进制数据，但不能同时存在。文本数据由字符组成，二进制数据用在图片和小程序等类内容。用一个具体的示例说明就是，一个含有标记的原始 HTML 文件是一个实体而不是文档。一个 HTML 文件加上所有使用标记嵌入的图片就组成一个文档。通过内部实体和外部实体，XML 为文档内容提供了灵活的组织方法。

这样就通过元素包含以结构化的形式将马铃薯多媒体信息表现出来，我们称之为马铃薯数据的 XML 化。在使用时，可以直接建立 XML 文件，直接引用，从而建立树状的文件结构。对于页面的表示形式，我们采用 CSS

与 XSL 结合使其图文并茂。

(二) ASP 新技术

针对专家系统所需实现的功能,采用 Microsoft 公司的 ASP 新技术开发动态交互式网络应用程序。ASP 属于 Server 端技术,对客户浏览器要求不高,使用其提供的五个内置服务器组件和对象以及其它 ActiveX 控件,可方便灵活地组织程序,既避免了传统的 CGI 的复杂编程,又提高了程序效率,节省了网络带宽和服务器资源。在数据库访问上利用 ADO(ActiveX Data Object)对象,在服务器运行 VBScript 或 JavaScript 脚本代码、SQL 命令,通过 ODBC 接口联接到后台 SQL Server 数据库,使用 SQL 语句即可存取系统数据库。鉴于 Visual Interdev 的功能所限,某些功能实现太复杂,利用 VC++ 开发了一些 ActiveX Server Components 作为功能部件集成到 ASP 文件,这对于 IIS4.0 是支持的。

ASP.NET 具有丰富的 Web 开发架构——“Web 表单”、支持 XML Web Services 开发。它是一种服务器技术,可以创建动态页面,在运行时,必须安装 Web 服务器和 .NET 框架 SDK。同时 ASP.NET 是在页面被调用的时候,由 CLR 自行决定是否编译。一般来说,下面两种情况下,ASPX 会被重新编译:① ASPX 页面第一次被浏览器请求;② ASPX 被改写。

由于 ASPX 页面可以被编译,所以 ASPX 页面具有组件一样的性能,大大提高了其运行速度。当一个浏览器第一次请求一个 ASPX 文件时,WEB FORM 页面将被 CLR (common language runtime)编译器编译。此后,当有用户访问页面的时候,由于 ASPX 页面已经被编译过,所以,CLR 会直接执行编译过的代码,也就是说是一次编译多次执行。因为本系统是一个网络化的专家系统,大量的用户进行决策时必然会产生相同的事实表和原始数据,通过一次编译可以多次执行,会大大提高系统的速度。

(三) Dreamweaver 网页编程

Dreamweaver 是由 macromedia 公司设计的功能十分强大的网页制作工具。它是一个所见即所得网页编辑器,支持最新的 DHTML 和 CSS 标准。

它采用了多种先进技术，能够快速高效地创建极具表现力和动感效果的网页，使网页创作过程变得简单无比。值得称道的是，Dreamweaver 不仅提供了强大的网页编辑功能，而且提供了完善的站点管理机制，可以说，它是一个集网页创作和站点管理两大利器于一身的超重量级的创作工具。

2.7 下一步工作方向

农业专家系统的应用，最终体现为农民满意程度和农民的经济效益。因此，未来工作是进一步补充和完善系统，同时跟踪推广应用，建立案例库，使得系统更加完善实用。具体而言，有下述几个方面：

- 1 建立与规则库相应的案例库，及时获取用户的反馈，总结经验和模式，以便系统进一步完善和加速系统的推广应用。
- 2 强化软件开发力度，提高软件的智能性、好用性、科学性，引入新技术，如 XML、GIS 等。
- 3 大力扩充专家知识库，拓宽系统的使用面。
- 4 以市场需要和名、优、特、新产品的生产为目标，为调整产业结构服务，放开开发领域，围绕生态环境建设，丰富系统内容。

2.8 本章小结

农业专家系统是一种在农业领域中具有专家水平解题能力的智能程序系统，它能运用领域专家多年积累的经验与专门知识，模拟人类专家的思维过程，求解需要专家才能解决的困难问题。但它与一般应用程序结构和特点上的不同，决定了其在建造与评价上有着自己独特的过程。

本章主要介绍了 RBR 马铃薯专家系统的研制，同时给出了多媒体子系统和智能决策子系统的实现。专家系统可以使用多种推理方法，包括基于规则、基于模型、基于案例等，随着专家系统的实际应用范围不断地拓广和研究对象复杂性的深入，基于案例推理和基于模型推理的优势愈加明显，也因此得到了相关专家学者的重视。目前，马铃薯栽培和很多农业领域的作物栽培一

样出现两大趋势：一是需要农户适时适地对栽培过程中出现问题进行决策，二是领域专家异地指导农户科学合理地进行农作物栽培种植。在此大背景下，本人认为基于案例推理在本领域内基本设计方法和应用实现的研究大有必要，所以在后面的章节我们将要引入另一种基于案例推理技术建立专家系统的方法介绍。

第三章 案例推理理论与案例推理技术

3.1 CBR 发展简介

CBR 推理机制是由美国耶鲁大学的 Schank 在 1982 年出版的专著《Dynamic Memory: A Theory of Kerminding and Learning in Computers and People》^{[30][31][32][33]}中首次提出,在这本专著中 Schank 提出了利用专家的经验 and 知识以及利用专门的案例两种方法来实现专家系统的推理过程的设想。并且 KolodnPr.J. L.等人 1985 年在他们的文献中首次使用了 CBR (Case-Based Reasoning) 这一术语,为 CBR 的建立奠定了基础。其中 Ase . H.及 Hammond , K.1 等人对 CBR 也进行了详细的研究。CBR 的实质是利用过去的实例来引导类推出所求问题的解。因此 Carbonell,J.G 将这种推理方式也称之为“引导类推”(Derivational Analogy)。

CBR 出现以后,美国在 80 年代后期就这一推理机制的理论与方法进行较为详尽的系统研究。初步建立了 CBR 的基本结构和 workflow,并在分类、诊断、计划及设计等领域内开发了数百个应用实例。例如,用于战斗计划制定与评价的 BPA(Battle Platt Advisor)系统^[34],该系统通过系统中包含的 600 个战争案例,通过所给出的问题条件对类似案例取出进行分析和修正,以得出所求问题的解。再如 1988 年 Navinchandra .D.研制的用于景观设计的 CYCLOPS 系统^[35],只要输入目标(例如:在农田中盖房子及相应要求)就能输出可行的方案。

几年前,日本也在开始 CBR 系统的研究与开发,经过近几年的努力,也建立了数十个用 CBR 推理的知识系统,例如,中村孝太郎和小林重信建立的用于机械调整的支持系统^[36],这种系统采用了用户与系统的对话方式来对过去的案例进行调整,以求得所求问题的解;再如仲谷善雄研制的用于机械设计的对话式设计支持系统 SLPPORT^[29],这一系统以标准型设计作为已经存在的案例。根据这些样品,结合用户对新产品的要求来对新产品的 design 提出

支持。但由于目前日本的 CBR 系统的研究刚刚起步,所以这些系统也只停留在样机(prototype)阶段,若投入商用还需作进一步的完善。不过通过这些实例,我们已经看到了 CBR 在一些领域中应用的生命力。因此,目前欧美日等工业化国家,正在进行大量的研究 CBR 的有关问题及相应的系统与开发。

我国 CBR 的研究与系统开发起步比较晚。目前国内尚未发现系统地介绍 CBR 及其开发工具的报道。但随着人们认识的提高,这一推理机制必将在我国的人工智能领域中发挥极其重要的作用。

3.2 CBR 工作流程

基于案例的问题求解方法非常适合于没有很强的理论模型和领域知识不完全,难以定义或定义不一致而经验丰富的设计环境中。从设计任务适应性的观点性上看,任务的结构总在变化,而相应的知识调整不可能反映深层的因果机制,这是基于案例推理有效地解决问题的关键所在。而且基于案例的推理符合人们的认知心理过程,反映了人类认知过程中根据过去的经验和方法进行推理求解,从失败和成功中进行学习的特征^[37]。当专家遇到新问题时,他们的做法往往是:识别新问题与以前遇到过的问题的相似性;询问一些有关联的贴切问题,以确定新问题到底与那些经验相似或应将以前的经验作些什么调整,最后得出结论^[17]。

一般基于案例推理系统的问题求解策略可以包括以下几个部分:案例表示、案例索引、案例存储、案例检索、案例重用、案例修改、案例学习和案例库维护^{[15][17]}。基本流程如图3-1所示。

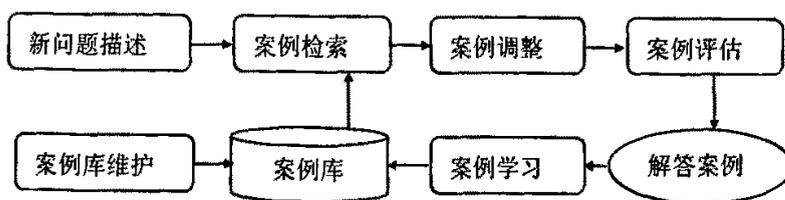


图 3-1 CBR 专家系统简单工作流程
Fig3-1 CBR expert system working flow

3.2.1 案例表示

案例表示是 CBR 的基本支撑技术之一,是基于案例推理的基础。主要任务是设计出可机读和便于管理的关于领域知识的案例记录结构,实现经验知识的结构化和组织化,并达到表示结构的容易检索、学习、记忆。在 Schank 的 Dynamic Memory 理论为基本表示模型的案例表示方法中,以其领域的对象或案件为表示对象,以概念以及概念之间的语义关系作为表示要素,将概念的表达结构组织成其领域案例的网络结构,使用情景记忆(Episodic Memory)片段来表示案例^{[29][38]}。

案例表示,是指抽取待求解问题的特征及特征间的关系,并将其输入系统^[29]。什么是案例以及案例如何表示,如何在案例库中存放案例是基于案例的推理中要解决的首要问题。在基于案例的推理系统中,所谓案例就是问题求解的状态及对其求解的策略^[31]。一般的,一个案例包含问题的初始状态,问题求解的目标状态以及求解的方案。案例内容随着具体求解领域不同可能略有差异,对于简单的情况,一个案例就是导致特定结果的一系列特征。如病例和相应的诊断就是医疗门诊系统中的一个案例。但对于一个复杂的问题,案例所含的内容就很复杂,一个复杂的案例甚至可以是若干个子案例的组合。

案例的描述与存贮有文本方式、数据库记录方式、语义网络、框架、剧本和动态存贮模式等^{[29][31][37]}。目前在 CBR 系统中,主要采用的策略有剧本策略、Schank 提出的动态存贮模型策略和 Porter 等提出的范畴模型策略^[17]。剧本策略是用事件序列来表达知识的,并以具体形式描述各个事件;Schank 提出的动态存贮模型策略是用记忆组织包(MOP)来表达知识,OP 是由景物组成的序列,它将共有类似特征的某几类事物组成一个更一般的事类;Porter 等提出的范畴模型策略则根据对人类思维过程的分析,将自然概念的不同的特征辅以不同的重要度,以描述一个事例对某一范畴的从属关系。

CBR 中对案例概念的解释目前还缺乏严格确切的定义和深入的讨论。从知识的表示上来看,案例一般认为是对以往事件或事例的记录,它描述和存储人类认知活动过程中的静态和动态知识。根据案例的概念和对案例的分析,

对一个案例描述应包含^{[17][29]}:

(1)问题的描述。其中包括问题目标的描述。用 P 表示。

(2)问题环境的描述。包括对问题的初始条件、约束条件和背景等的描述，是问题的说明信息。用 E 表示。

(3)问题对象的描述。包括对问题对象间关系的描述。用 O 表示。

(4)问题求解方法的描述。用 M 表示。

(5)问题求解效果的描述。用 U 表示。

案例则是用上述信息表示的一个五元组 $C=(P, E, O, M, U)$ ^{[29][31]}。其中 P 是由案例突出特征集 AK、案例特征属性集 A、特征属性关系 R 和案例目标集 G 组成的，即 $P=(AK, A, R, G)$ ，AK 是事例索引和分类的标识。案例的具体表示形式可采用剧本或框架方式。

目前，流行的案例表示工具是存储组织包 MOPS (Memory Organization Packages)^[31]，它通过综合人工智能概念，如框架、继承、抽象等来组织事实，已成功地应用于建筑、程序设计、工程等若干领域的专家系统中。此外，案例也可用框架来表示，框架表示由 Min-sky 提出以来，已获得广泛应用。事实上，框架表示知识的结构与人们对一个事物、事件、状况、概念^{[29][39]}等的描述相似，人们通常是分层次、多方面、由简到繁、由抽象到具体来描述它们，并注意其间的联系。

3.2.2 案例检索

案例检索，是提供案例库的检索机制，使得在案例的检索时能快速找到符合需要的案例和案例集^[41]。检索利用存储的案例库索引机制，在相似性阈值范围内寻找与要解决的新问题匹配最好的案例或案例集，是案例推理研究的基本问题。案例检索的目标是以尽可能快的速度从案例库中找到与待求解问题相同或最相似的案例集合^[42]。下面针对案例的检索类型作详细地论述。

R. H. Stottler 将检索分为三种类型^[29]，即定量检索、定性检索和定量与定性相结合的检索。在定量检索中，案例的特征属性是由数值来表示的，任

意两个事例的相似性则定义为两者距离的倒数。在定性检索中,案例的特征属性值是定性值,如颜色等,此时,任意两个案例的相似性则定义为属性值之间精确匹配的数量,其中,对一些特殊属性需加上权值以强调该属性的重要性。在定量与定性相结合的检索中,首先要将案例特征分成定量和定性两组,然后进行定性检索,当与定性相匹配案例检索出来后,再对这个案例段进行定量检索,最后权衡两种相似度值,选取按指定意义下为最高的案例为最佳匹配事例。对 CBR 检索模型和方法的研究表明, CBR 的检索要达到以下目标^{[17][29][39]}:

- (1)有效性:即检索出来的案例应尽可能的少。
- (2)准确性:即检索出来的案例应尽可能的与当前案例相关和相似。
- (3)易修正性:即检索出来的案例应尽可能的易于修正,产生解决当前问题的解。
- (4)高速性:即检索案例的时间要短、速度要快。

CBR 中的检索过程一般都是分阶段进行的。案例检索一般分为分类、选择和确认三个阶段^[41]。分类阶段是根据问题案例的突出特征,从案例库中搜索回忆与问题案例相关的以往的这一类案例。设待解决问题事例为 C_v , 案例库中案例集合为 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, 则分类阶段可表示为在 C 中求 $C_v(P.AK) = C_i(P.AK)$ 的案例, 作为初步筛选的案例集 $T = (t_1, t_2, \dots, t_n)$, 且 $T \in C$ 选择阶段是在初步筛选的这一类案例与问题案例之间建立一系列对应的关系和映射, 并进行详细的分析, 通过全面比较所筛选的案例与问题案例间的相似性, 从中选择相似性最高的一个或多个案例。选择阶段需要计算初步筛选的案例与待求解问题之间特征属性的相似度。用 $S_i(C_v, i, t_j, i)$ 表示两个案例 C_v 和 t_j 之间属性 i 的相似程度, 且 $S_i(C_v, i, t_j, i) \in [0, 1]$ 。两个案例 C_v 和 t_j 之间总的相似度则为 $S(C_v, t_j) = (1/n) \cdot \sum S_i(C_v, i, t_j, i) \cdot w_i$ 。其中 w_i 为属性 i 的权重, 确定一个阈值 a , 选择 $S(C_v, t_j) > a$ 的案例作为选择的方案 $Q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_n)$, 且 $Q \in T$; 确认阶段则是对所选的案例评价其相似性、可重用性和可修改性, 从中确认最适用的案例。

案例的检索与匹配是基于案例推理的重要环节,它在一定程度上决定一个专家系统质量的好坏。在检索匹配算法上,目前比较常用的有:最近相邻策略(Nearest Neighbor Approach)、模糊 ISODATA 算法策略、归纳索引策略(Inductive Algorithm Approach)、知识引导策略(Knowledge Guided Approach)、模板检索策略(Template Retrieval Approach)^[15]。

(1) 最近相邻策略

最常用的案例检索策略是最近相邻策略或 k 近邻算法(K- Nearest Neighbour,简称为 KNN)。下面我们简要介绍一下 KNN 算法,而最近相邻策略是它的特例,即 k=1 的情况。首先,案例库中的案例都表示成〈特征,特征值〉二元式的形式,这样表示直观形象明了,而且利于案例间的相似度比较,并可对每个特征赋以一定的权值,表示该特征对决策结果的重要程度。对于新问题的描述也采用这种形式,即在每个特征属性上填充其相应的特征值。

检索过程为:

第一步:让新问题与该案例库中的 m 个案例逐个进行比较(比较 n 个特征值),将比较结果保存为矩阵的形式,即 (3-1)

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \dots & \dots & s_{ij} & \dots \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

其中 $i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$ 。i 表示第 i 个案例, j 表示第 j 个特征属性, s_{ij} 则为新问题与第 i 个案例在第 j 个特征属性上的局部相似度。

第二步:将矩阵 D 与权向量 $[w_1 \ w_2 \ \dots w_j \ \dots \ w_n]^T$ 相乘(w_j 为第 j 个特征属性的权值),得到结果 $[s_1 \ s_2 \ \dots s_j \ \dots \ s_n]^T$,即新问题与 m 个案例各自的整体相似度。具体公式(3-2)

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & S_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \dots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_m \end{bmatrix} \quad (3-2)$$

第三步：将 m 个案例中相似度最大的案例作为解答案例输出。

(2) 模糊 ISODATA 算法策略

模糊 ISODATA 算法策略是由 Dunn 直接从 HCM 聚类算法推广而来的，并经 Bezdek 的进一步研究工作，使其在人工智能领域得到有效地应用。该算法的特点是在每次把全部样本都调整完后再次成批计算各类样本的均值，另外此算法不仅能够通过调整样本所属类别完成聚类分析，而且还能够自动地进行类的“合并”和“分裂”，得到类别较为合理的分类。

(3) 归纳索引策略

这种策略不断从案例的各组成部分抽取最能将该案例与其它案例区别开来的关键要素，并根据这些要素将案例组织成一个类似于决策树的层次结构，检索时采用建造决策树的 ID3 算法，或采用费根鲍姆的判别网络 (Discriminant Network)，将事物按抽象—具体的层次关系加以组织。归纳索引法能够自动地分析案例，确定出案例的最佳特征，并将案例库分层组织，从而大大减少了检索时间。归纳法有两个优点：一是能自动、客观、严格地分析案例，确定能区别这些案例的最佳特征；二是案例可以组织成分层次结构供检索时用，其检索速度成对数而不是成线性增长。一些算法如 ID3，被用来生成特征属性的判定树，在判定树上具有预测性的特征可作为案例检索的索引。然而，为了完成建立一个有意义的归纳索引机制，系统需要足够的典型案例生成判别特征，而且归纳索引的分析时间一般都比较长，案例库的索引随新案例的增加而频繁变化。

(4) 知识引导策略

知识引导策略根据有关案例的知识来，确定案例库中哪些特征(或信息)在案例库的检索时是重要的，并根据这些特征来检索与匹配案例。特征知识可以包括领域原理、特征之间的因果关系等。这种检索策略可以充分利用已

有知识,使得案例的组织与检索具有一定的动态性。如果这样的解释性知识是完备可用的并且是可表示的,那么这种方式是可取的。问题是常常难以代码化足够的解释性知识,从而难以完成大范围的知识索引。因此,许多系统往往将这种方法与其它技术相结合使用。

(5) 模板检索策略

模板检索策略是借助特定性质的模板或模式来实现检索,返回符合一定参数的所有案例。该策略常在其它策略之前使用(如最近相邻策略),把搜索空间限制到案例的相关部分中来。

3.2.3 案例修正

适应性修正(Adaptation)是在案例库没有与新问题较好匹配的案例,只找到一些在某些方面相似的案例集时,必须对旧案例进行适应性修正,修正可以是直接向解决方案中插入一些新内容,或者从解决方案中删除一些内容,替换一些内容,改造一些内容,从而得到适应性修改知识(Adaptation knowledge)。通过检索得到的候选案例,一般会与目标案例存在差异,这时应对候选案例进行修正,将一个检索到的与当前大部分匹配的案例修正成完全匹配的案例。当案例匹配产生的解决方案不成功时,系统可从失败中得到教训。

案例的修正一般步骤为:首先对匹配案例中的结果进行评估,然后制定修正算法对匹配案例的结果进行修正。根据检索出的案例与当前案例显著的差异,运用一定的修正算法将这些差异性考虑进去,以得到一个新的解决方案。一般在 CBR 系统中有两种修正算法:一种为对结构性修正。在这种算法中,修正规则被直接地应用于匹配案例的结果中,对于一些案例中的解决方法不容易被理解的案例,常常需要使用结构性的修正。一种为诱导修正,根据目标案例和源案例的属性差,调整源案例的解决方案以得到一个适合解决目标案例的新解。使用这种方法,案例库中的案例必须至少含有问题描述和解决方法两个部分,对一些案例的解决方法部分很容易地被理解的一些系统,可以考虑使用诱导修正的方法修改搜索到的案例结果。

3.2.4 案例评估

评估是对 CBR 系统生成的解决方案,通过专家询问或者在现实世界中执行来对新案例进行效果评估,系统根据在现实环境中实践解决方案后得到的结果进行评估。这通常是在 CBR 系统之外的一个步骤,因为它牵涉到将建议的解决方案应用到实际的问题中去。这个过程通常都需要一定的时间,时间的多少根据具体的运用类型而定。在这期间,案例可以被学习从而存储到案例库中。系统内部有一个模型,将得到的解决方案输入到这个内部的模型,可获得修正所需的必要的信息反馈。评估产生的案例解决方案:1)如果成功,将直接进入案例学习阶段;2)如果失败,采用领域相关的知识修正解决方案。

3.2.5 案例学习

CBR 系统的还有一个重要的特征就是它的学习能力。学习和记忆是将新案例中的有意义的部分存贮到系统的知识库中,以提高系统的智能水平。学习包括从成功经验中学习和失败经验中学习,通过学习积累新案例,建立、修改和撤消指向案例的索引即元知识(Net knowledge)的学习,以及通过归纳形成一般性知识,如从被分类的案例集中生成决策树等。由于案例推理具有自学习能力,这种基于案例推理的知识自动系统随着系统的运行,知识库中不断积累操作事例,就象人一样不断积累经验,形成知识的聚集,使得系统的自动化水平和控制能力不断提高。通过调整得到的案例称为新案例,如果这个新案例很具有典型性,就可以将其加入到案例库中,以备将来使用。存入了新的案例,就标志着系统进行了一次知识获取,完成了一次学习过程。相对于将一个具体的问题解决过程一般化来获取知识的学习方法,通过存储这个具体的问题解决过程来学习要更容易,所以 CBR 更便于从经验中学习。一般一个新的案例加入到案例库中,可能会有两种情况:一是直接作为新的案例加入到案例库中;二是替换已有的旧案例。

3.2.6 案例库维护

在 CBR 系统中,无论一个问题是怎样被解决的,案例库都需要经常更

新。如果问题是由使用一个先前案例被解决的，那么将建立一个新案例或将旧案例一般化来包括当前的案例；如果问题是由其它的方法解决的，包括询问用户，整个的新案例将被存储。在任何案例中，都要确定哪一部分是学习资源。相关问题的描述和问题的解答是当然的候选者；但是一个解释或其他形式的理由有可能也被加入到新案例中；失败任务中得来的信息也可以作为独立的失败案例来进行保存。这样遇到失败时，系统可以回想一个先前相似的失败，使用这个失败案例来提高它对当前失败的理解。

要使新的案例在将来需要时能被获得，案例必须按一定的方式存储，即必须为新的案例建立合适的索引并纳入已有的案例库的存储结构中。调整已有的索引是 CBR 学习的重要部分。通过修改已有案例的索引，CBR 系统学习可以作更好的相似性评估。由使用案例解决输入问题的成功或失败来调节某个案例或解答的索引强度和重要性。对于与搜索出成功案例有关的特征，与案例的相关性会被加强，搜索出不成功案例的相关性将被减弱。这样，索引结构可以调节案例库以适应它的再次使用。

3.3 CBR 与 RBR 的比较

3.3.1 CBR 与 RBR 的数学关系

基于案例的推理(CBR)与基于规则的推理(RBR)不仅是两种不同的推理方式，而且它们在知识表达方式上也有着极大的差异。从 RBR 上讲，其规则本身可以视为一种知识容器，它包含了相关领域权威专家在此领域内多年实践和研究经验，这些实践和经验通过一定的编码方式被提取、归纳、内置到了规则中，并以规则的形式表现出来。从 CBR 上讲，与规则包含的知识相比，案例所包含的知识是一种未经或者说少加工处理的粗知识，但也正因为其粗糙的特质，决定了它包含的信息更为丰富更贴近事物的本身特性。案例没有固定的表现形式，而且对相关领域事件及行为的描述相对比较自由，更容易发展专家系统的个性，使建立在 CBR 基础上的专家系统更具柔韧性、更适宜于发展。

在工程领域中常用函数式 $x_n = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1})$ 来表示事物关系的量化、质化模型。自变量 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}$ 可被认为由某一事物关系连结着的前因，应变量 x_n 。即是结论或后果。亦即：只要有 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}$ 存在，必有后果 x_n 发生。

下面给出 CBR 与 RBR 的数学描述：

定义 1：若有隐式关系 $f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n) = 0$ 存在，则对其任意实例 p 的参数集 $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)_p$ ，必有 $[x_1, x_2, \dots, x_{n-1} \Rightarrow x_n]$ 成立。

定义 2：若存在实例 p 对其参数集 $(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n)_p$ ，有 $[x_1, x_2, \dots, x_{n-1} \Rightarrow x_n]$ 成立且 $p \rightarrow \infty$ ，则上式的连续形式 $[f(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}) \Rightarrow x_n]$ 成立。

由此可见有几点说明，首先案例推理是规则推理的必要条件，同时说明 CBR 本身就是一种模糊推理方法。其次 CBR 是一种直觉思维方式，基本依据就是相似问题有相似的解，只要对问题的描述正确，便可以借用此思维方式找到问题的解空间。

3.3.2 CBR 与 RBR 比较性能优势

CBR 和 RBR 都可以应用于专家系统，但 CBR 与 RBR 相比，无需显式的领域知识模型，避免了知识获取瓶颈，系统是易于维护的开放体系，一定程度上避免了知识增加时知识库的相关性(Relevancy)和一致性(Consistency)问题，而且增量式的学习使实例库的覆盖度(Coverage)随系统使用逐渐增大，系统越用越完善，实现的系统柔性大可以充分反映不同专家的个性。综合概括其性能优势为以下六点：

1. 问题的表示精确性。案例能比规则提供更多的信息，这是因为人有一定的主观性和有限理性，而从大量案例归纳出的规则只取出了案例的共同本质。
2. 内容独立性。各个案例相互独立产生，避免了知识增加时知识库的完整性和一致性问题。
3. 案例库的学习性。案例推理是一种增量式学习方法。随着案例的增加，案例库的覆盖度（求解问题范围）逐渐提高，同时由于案例比规则容易获取，

不需要完整的领域模型，使案例推理逐步实用化。

4. 求解高效性。直接复用过去的求解经验（成功的和失败的），不需要完整的领域模型，也不需要像规则式推理那样从头开始，避免了匹配冲突和组合爆炸，求解效率高。

5. 可类比性。案例推理是类比推理的子类，它具有类比推理的基本特点，能够充分发挥人的创造思维。对难以充分领域做出假设和预测，并指导人们避免重犯过去的错误。

6. 柔韧性。从实现角度讲，案例推理能兼顾专家的偏好，而规则推理柔性不足。

3.4 本章小结

CBR 是近十几年来人工智能领域中发展起来的有别于基于规则推理的一种推理模式，它是指借用旧的事例或经验来解决新问题，评价解决方案，解释异常情况或理解新情况。CBR 兴起的主要原因是传统的基于规则的问题没有记忆，导致推理效率低下，不能处理事例的例外情况，整体性能较为脆弱，而 CBR 恰好能够解决以上问题。CBR 是通过访问知识库中过去同类问题求解过程与结果从而获得当前问题的解决的一种推理模式。同基于规则的推理系统相比，CBR 系统是以一种完全不同的方式来解决问題。一般来说，CBR 的推理过程包括问题特征的抽取、描述和输入，相应事例检索，事例的改写与调整，求解方案的评价，新事例的存贮、案例库的维护。

CBR 克服了传统方法的一些弊病，例如当基于规则的系统遇到新的问题时，总是试图利用规则库中规则的前提或结论进行匹配，假如匹配不成功，实际上就等于该问题无解。而对于 CBR 系统，最好的结果是找到与输入条件完全匹配的案例，得到问题的解决方案。假如不能够的话，也可以得到一个与输入说明相似的案例或案例集。

学习能力是专家系统的重要特征，基于规则的专家系统自动获取知识相当困难，而 CBR 系统却可以比较容易的解决这一问题。因为在 CBR 系

统中，检索是通过匹配技术分层进行的，找出最相近的案例。可以设定一个阈值，当新旧案例相似程度非常高，超过阈值时，新的案例不存入案例库；当新旧案例相似程度不高，低于阈值时，则将新案例存入系统案例库。CBR 系统建立的重点是案例的表示与组织，所要达到两个目的：(1)检索出尽可能少的案例；(2)检索出的案例尽可能与当前输入相关或相似。

本章开始简单介绍了 CBR 的起源与发展状况，紧接针对 CBR 工作流程中的各个环节重点分析，最后给出了 CBR 和 RBR 的数学关系以及 CBR 相比较于 RBR 的应用优势，使我们对 CBR 有一个总体上的认识，为下一章基于案例推理的马铃薯专家系统的具体设计和实现做好了理论准备。

第四章 CBR 马铃薯专家系统的设计与平台实现

目前我国农业信息化正在加剧发展,农业专家系统也被越来越广泛的开发使用指导农业生产更科学、更有效的进行。CBR 技术以其特有各种优势在农业专家系统领域的开发的前景已不容忽视。基于案例推理的农业专家系统直接通过案例来进行推理,一方面简化了传统基于规则推理的专家系统知识获取瓶颈问题,另一方面不需要领域专家与知识工程师相互合作不断总结的繁琐过程,杜绝了可能出现的知识获取畸变环节。同时通过案例来表示领域知识及过去的经验教训,将更容易为使用者接受和理解,可以使他们在使用过程中不断学习新的经验和知识提高自身素质。我们的 CBR 马铃薯专家系统采用案例推理的方法,通过 Visual Basic 6.0 编程实现。在前面的章节中我们已经讨论了基于案例推理过程的各个环节,下面将具体介绍 CBR 马铃薯专家系统的设计和实现。

4.1 CBR 马铃薯专家系统的设计

4.1.1 系统开发环境

系统的开发环境是我们系统开发成功的前提保证。它主要包括三个方面:软件环境、硬件环境和领域专家。

(1)软件环境

采用 Visual Basic 6.0 编程来实现系统,使用数据库软件 Access 来实现案例库以及维护。

(2)硬件环境: P II 400/40G/256M。

(3)领域专家:领域专家的数量和水平在一定程度上决定了专家系统的实用性和可靠性。本系统的知识获取主要是来自山西省农科院高寒区作物研究所马铃薯专家的丰富经验知识。

4.1.2 系统开发思想

马铃薯专家系统涉及马铃薯栽培过程中的很多方面的知识，我们将以马铃薯病害模块的研究设计了基于案例推理的马铃薯专家系统。马铃薯病害的确定会表现在很多方面同时又受很多因素影响，如环境（温度、湿度、降雨量等）、栽培条件等。每个因素以及各因素之间的相互作用对马铃薯病害的发生和发生程度的影响相当复杂。用数学模型以及传统的专家系统进行病害推断均存在不同程度的困难。

但是历史上某一地区的马铃薯病害却常常具有类似性，因此借鉴历史上的病害案例来推断当前病害发生情况是一条可行的途径。主要表现在以下方面：1.应用案例推理思想进行马铃薯病害推断案例获取简单。2.案例之间相互独立，维护案例库相对容易。3.基于案例推理的专家系统具有学习功能，可以通过复用过去的解答指导当前求解，求解效率高。因此本系统采用基于案例推理的思想进行设计。从另一方面讲，决定病害种类的因素不同表现情况又是不同，其中表现症状是决断病害种类的关键因素，所以马铃薯种植过程的表现症状是推断病害种类的关键因素。故而本研究以马铃薯病害发生的主要气候资料和病情表现症状为基础，采用基于案例推理的思想和基于 Visual Basic 的编程语言优势，探讨设计了马铃薯专家系统平台，以解答用户在马铃薯栽培过程中遇到的病害种类诊断问题。将这种思想推广开来，不但可以方便用户及时对发生问题做出措施，而且可以让用户了解到关于马铃薯栽培方面更多的知识，让更多的用户了解参与到我们的马铃薯专家系统中来，解决了农业领域专家少的问题。

4.1.3 系统的整体框架

CBR 马铃薯专家系统整体上分为“用户咨询决策模块”和“案例库管理维护系统”两大部分，其中“用户咨询决策模块”又分为“多媒体模块”和“智能决策模块”两部分，“多媒体模块”部分包括“形态特征”、“环境效应”、“生长发育”、“栽培区划”等用户种植过程中所涉及领域知识十个模块主要通过浏

览网页完成。“智能决策模块”部分包括“播期决策”、“病毒病诊断决策”、“病害诊断决策”、“虫害诊断决策”和“机械化栽培决策”等二十九个模块主要通过 CBR 马铃薯专家系统平台完成，如图 4-1 所示。

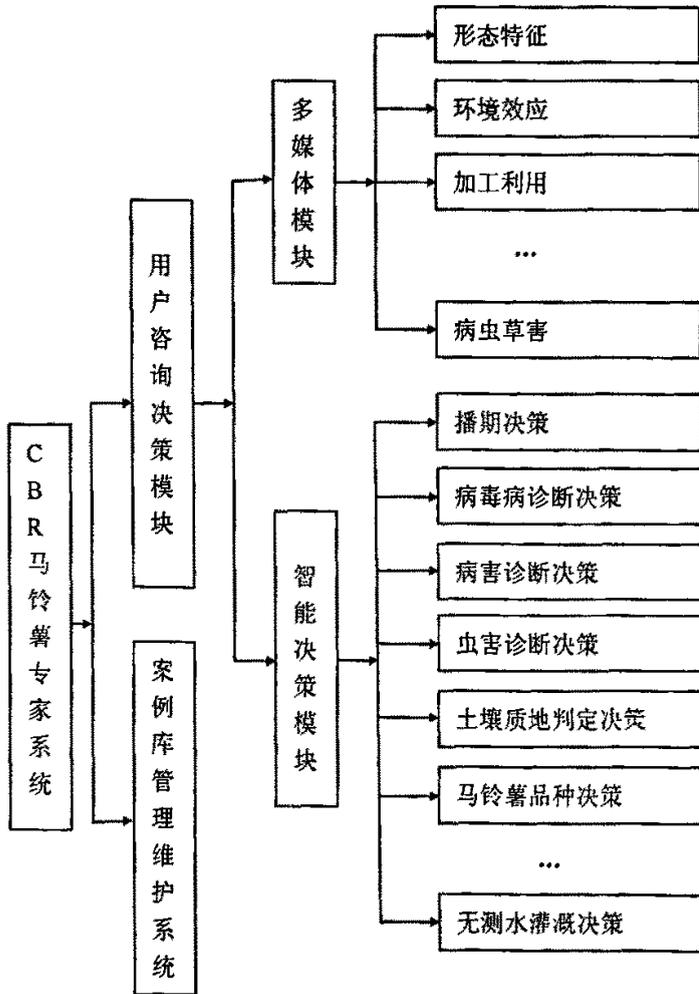


图 4-1 CBR 马铃薯专家系统整体框架
Fig4-1 CBR potato expert system frame

而“案例库管理系统”则为系统管理员管理案例库时使用，它对普通用户是不可见的，主要包括“案例浏览”、“案例查询”、“案例修改”和“推理部分”等各项功能。

在 CBR 专家系统中, 案例库是一个重要的组成部分, 它服务于整个推理过程, 是其它各个模块进行工作的基础。本系统是在本人开发的“农业专家系统开发平台”马铃薯专家系统知识库及网上资料搜集的基础上, 建立了本系统中所用到的案例库, 主要包含“品种选择案例库”、“病虫害诊断案例库”, 这些案例库都保存在 Access 数据库系统中, 由于其成熟、通用、方便的数据库管理技术, 用它存储案例将使 CBR 系统具有较好的软件工程开发环境和应用前景。

4.1.4 系统的设计步骤

(1) 病害案例获取

案例的获取比规则的获取要容易得多, 可以有效地避开基于规则推理专家系统在知识获取上的瓶颈问题。文中的马铃薯病害知识主要来自于本人参与项目“山西农业智能信息处理系统”数据库中的规则库知识和马铃薯领域权威专家山西省高寒区作物研究所马铃薯专家提供的原始知识。

(2) 病害案例的表示

无论是基于规则推理的系统还是基于案例推理的系统, 都需要一个合理有效的知识表示模式。基于案例推理的马铃薯专家系统病害诊断模块首先要考虑的是案例如何表示, 如何存储的问题。一个典型的案例至少包含以下信息: ①问题描述信息。②问题求解信息。

根据马铃薯病害症状的各种表现方式, 可以将日期、气象因子、病害症状和病害种类作为案例描述, 病害种类作为案例的求解目标。主要基于以下几点进行考虑: 1.每一种病害都会在栽培不同时期以不同形式出现。因此发病时期、发病症状的记录对病害种类的决策推断相当重要。2.在马铃薯种植方面, 影响某一种病害产生的因素很多, 有主观的也有客观的, 只有环境因素和病情资料描述是病害确定的关键因素, 所以本系统将它们作为问题的描述部分。3.病情症状资料是确定哪种病害发生的重要影响因素, 就像医生治病一样, 先要问清楚病人的发病症状然后才能确定什么病以及该如何对症下药的问题, 所以在本系统中案例表示既是问题的描述部分又是

问题的结果部分。一个完整的病害案例可以表示成为一组特征的集合，即日期、气象因子，病情资料。其表示如表 4-1。

表 4-1 案例表示形式
Tab 4-1 the format of case show

日期	环境因子	症状因子	病害名称
年、月、日	A、B、C	X、Y、Z	R

(3) 病害案例库建立

在 CBR 马铃薯专家系统中，案例库是一个重要的组成部分，它服务于整个推理过程，是其它各个模块进行工作的基础。本人是在 RBR 马铃薯专家系统项目开发的马铃薯专家系统知识库的基础上，认真分析了专家原始知识，仔细搜集网上资料，建立了本系统中所用到的病害案例库，并保存在 Access 数据库系统中，由于其成熟、通用、方便的数据库管理技术，用它存储案例将使 CBR 系统具有较好的软件开发环境和应用前景。所以 CBR 马铃薯专家系统既是一个推理的专家系统，也是一个数据库应用系统。

(4) 相似病害案例检索

案例检索是实现案例推理的关键步骤，也是 CBR 专家系统的核心内容。其主要目的是根据新问题描述的目标案例从源案例库中检索出尽可能少的案例，而这些相似案例便可作为新问题求解的重要依据。检索策略的选取是否恰当以及能否高效地完成案例检索对问题求解有直接影响。前面章节我们已经介绍了主要的五种案例检索策略。本系统采用的是一种最常用的案例检索策略：最近邻策略，它是 k 近相邻的特例，即 k=1 的情况。具体检索过程如下：

第一步：局部相似度计算。计算目标案例（问题描述形成案例）与源案例库中案例的局部相似度形成一矩阵（4-1）

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \dots & \dots & s_{ij} & \dots \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad (4-1)$$

其中 i 代表第 i 个案例， $i=1,2,\dots,m,m$ 也就是源案例库中案例数目； j 代表第 j 个因素， $i=1,2,\dots,n,n$ 也就是影响决策结果的因素数目。 s_{ij} 则为新问题与第 i 个案例在第 j 个因素上的局部相似度，值的确定是这样的：是目标案例因素值与源案例因素值的距离的倒数。

第二步：整体相似度计算。将矩阵 S 与因素的权值向量 $[w_1 \ w_2 \ \dots w_j \ \dots w_n]^T$ 相乘 (w_j 为第 j 个特征属性的权值), 得到结果 $[s_1 \ s_2 \ \dots s_j \ \dots s_n]^T$, 即目标案例（新问题）与 m 个案例各自的整体相似度。具体公式(4-2)

$$\begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \dots \\ s_m \end{bmatrix} \quad (4-2)$$

第三步：根据第二步结果相似度最大的作为结果案例输出。

(5) 解答案例输出

本系统中的案例修正、案例评估、案例学习环节必须是要经过实践检验才能最终在案例库维护模块完成，然而农作物成长需要一定的周期，所以本系统只是模拟 CBR 工作过程，认为最大相似度的案例为解答案例的依据，即最大相似度案例的病害为目标案例的病害种类。

(6) 病害案例库学习

CBR 专家系统是一个自学习、自适应的系统，所以 CBR 马铃薯专家系统将在问题的求解过程中获得的知识经过案例修正、案例评估、案例学习等环节以新的案例形式或修改案例加入案例库中完成自学习功能。新案例

的加入将使系统变得更有价值。

(7) 案例库维护

随着案例的不断加入，为了保证案例推理高效率性以及推理结果的正确性，应将案例库控制在一定范围内，所以案例库的维护很重要。

4.2 CBR 马铃薯专家系统的平台实现

4.2.1 系统平台实现的部分画面

1. 系统登录：

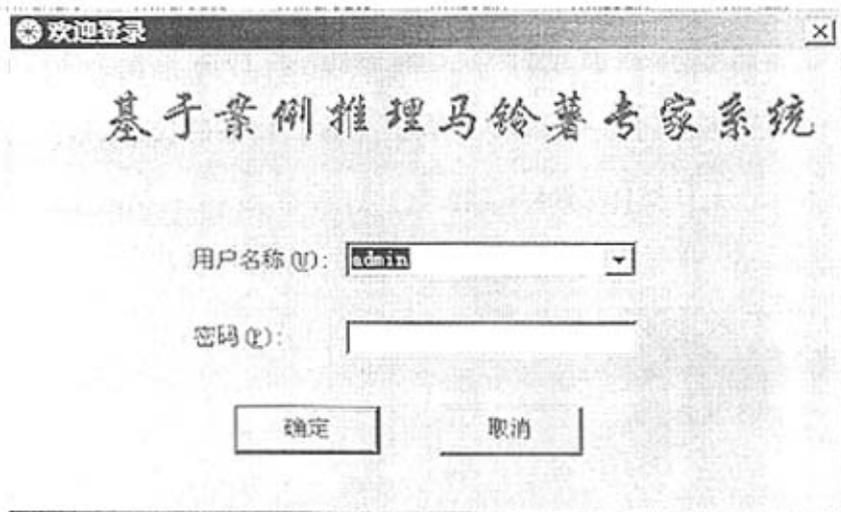


图 4-3 用户登录界面

Fig 4-3 The Main Interface of User Entering

单机系统图标便可进入以上的登录页面，使用默认用户名 admin 和密码 1 进行登录便可进入主界面。若想修改密码可以在主界面工具栏中选择密码修改按钮进行修改。

2. 系统主界面：



图 4-4 系统主界面

Fig 4-4 The Main Interface of system

系统主界面主要包括案例维护、权值设定以及病害预测等功能的使用。

3. 目标案例输入界面



图 4-5 目标案例输入界面

Fig 4-5 The Interface of target input

用户可以在此输入目前的病害情况作为目标案例。经过信息确认进入权值设定模块。

4. 权值设定界面

权值，用以描述这个属性在整个问题域中的重要程度。其中一般表示

为 W , $W \in (0, 1)$, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, 其中 n 为因素总数, 权值的定义比较重要,

它将直接影响案例检索结果的准确性及有效性, 使用不同的权值定义得到的案例检索结果也不一样。一般地, 权值的确定有三种方法: 领域专家决定、统计方法获得和遗传算法优化取得。本系统采用的是常用的领域专家决定, 因为它是目前应用最为广泛的方法。

因素	权值	输入值
因素1 年	权值1值	0
因素2 月	权值2值	0
因素3 日	权值3值	0
因素4 降雨量	权值4值	325
因素5 湿度	权值5值	.125
因素6 温度	权值6值	.075
因素7 病叶率	权值7值	.075
因素8 病果率	权值8值	.225
因素9 病根率	权值9值	.175

图 4-6 权值输入界面

Fig 4-6 The Interface of weight value input

权值设定的各个因素值一般是由专家确定, 经过目标案例的确定和权值数值输入进入检索第一个环节相似度计算。

5. 相似度计算界面

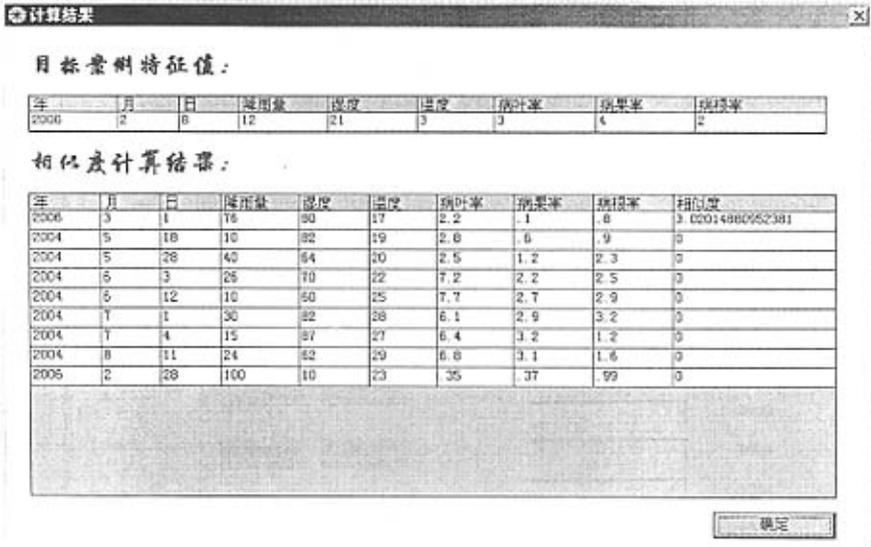


图 4-7 相似度计算界面

Fig 4-7 The Interface of resemble degree count

输入目标案例再输入权值才能计算最大相似度，然后将相似度最大的案例调出作为目标案例的解答案例。这一步的工作，我们要对案例库中的每个案例与新案例进行相似度计算。这是本系统的重点内容前面所做的一切都是为了检索案例来服务的。

6.最佳匹配案例显示界面



图 4-8 结果案例显示界面

Fig 4-8 The Interface of the best case show

经过上面的相似度计算我们找到相似度最大的案例作为目标案例的解答案例，根据检索结果目前情况下是青枯病，以便采取相应措施。

7.案例库维护界面



图 4-9 案例库维护界面

Fig 4-9 The Interface of case storeroom maintenance

案例库维护环节是基于案例推理马铃薯专家系统的重要环节，它可以实现案例增加、案例删除、案例修改和案例查询等功能。

至此我们已基本完成了简单的病害预测模块的基于案例推理实现，可见其简单易懂易维护，其它马铃薯种植过程模块我们正在积极开发。

有关案例相似度计算和结果显示代码如下：

```
Public Function compute(data() As Double, factor() As Double, power() As Double, result()
As Double) As Boolean
    '相似度计算
    On Error GoTo error_proc:
    Dim S() As Double
    Dim i, j As Long

    ReDim S(data_count - 1, factor_count - 1) As Double

    For i = 0 To data_count - 1
        For j = 0 To factor_count - 1
            S(i, j) = data(i, j) / factor(j)
        Next j
    Next i

    For i = 0 To data_count - 1
        result(i) = 0
        For j = 0 To data_count - 1
            result(i) = result(i) + S(i, j) * power(j)
        Next j
    Next i
    compute = True
    Exit Function
error_proc:
    Call errorProc(Err)
    compute = False
End Function

Private Sub Form_Load()
    On Error GoTo error_proc:
    Set link = New clsDBLink
    Set rst = New ADODB.Recordset
    Set rst1 = New ADODB.Recordset
```

```
Dim strSQL As String
```

```
StrSQL = "select year, month,day,jiangyu,shidu,wendu,bingye,bingguo,bingge from  
factor"
```

```
link.accessDBLink ("m1salku.mdb")
```

```
rst.Open strSQL, link.connect, adOpenStatic, adLockOptimistic, adCmdText
```

```
Set dgrFactor.DataSource = rst
```

```
strSQL = "select year,month,day,jiangyu,shidu,wendu,bingye,bingguo,  
binggen,sim from bmdata"
```

```
rst1.Open strSQL, link.connect, adOpenStatic, adLockOptimistic, adCmdText
```

```
Set dgrResult.DataSource = rst1
```

```
Exit Sub
```

```
error_proc:
```

```
Call errorProc(Err)
```

```
End Sub
```

4.2.2 系统实现的主要工具

1.Access 数据库

由于 Access 具有使用方便、功能强大、语言简洁等特点，所以被很多数据库管理系统所采用。在 VB 中使用 Access 数据库编程，可以开发出功能强大的数据库应用系统。随着系统功能不断扩大，数据库的维护显得特别重要，所以我们选择 Access 数据库，为我们系统以后的开发和推广提供强有力的技术支持。

2.VB 编程

本系统是通过 Visual Basic 语言来实现整个设计。它是一种面向对象的可视化程序设计工具。在 Visual Basic 中，应用面向对象的程序设计方法，把程序和数据封装起来成为一个对象，每个对象都是可视的。开发人员只需要按设计要求的屏幕布局，用系统提供的工具，直接在屏幕上“画”出窗口、菜单、按钮等不同类型的对象，并为每个对象设置属性，Visual Basic 将自动产生界面设计代码，程序设计人员只需要编写实现程序功能的那部分代码。因此大大提高了程序设计的效率。

Visual Basic 简单易懂，其编辑器支持彩色代码，可自动进行语法错误检查，同时具有功能强大且使用灵活的调试器和编译器。Visual Basic 是解释性语言，在输入代码的同时，解释系统将高级语言分解翻译成计算机可以识别的指令，判断每个语句的语法错误。在设计程序过程中可以随时运行程序，而在整个应用程序设计好之后，可以编译生成可执行文件(.EXE)，脱离 Visual Basic 环境，直接在 Windows 环境下运行。

4.3 本章小结

本章依次介绍了 CBR 马铃薯专家系统的开发环境、开发思想、整体框架、设计步骤以及系统实现的智能决策模块，最后还给出了部分实现代码和实现系统的关键工具。多媒体信息模块是用网页链接实现，可以及时、方便、快捷的为用户提供马铃薯方面的直观知识。智能决策模块是用基于案例推理的马铃薯专家系统平台实现，可视化的人机交互界面为用户目标输入、决策案例输出、案例的修正提供了很好的接口。案例库的维护模块也为系统管理员维护案例库及推理过程提供了很大方便。检索算法采用最近相邻算法，矩阵计算相似度大大提高了推理效率，相似度映射表和权向量表采用数据挖掘技术从已有数据中学习和直接由权威领域专家提供，案例修正、案例评估、案例学习环节则通过人机交互方式调整完成整个推理过程。

本系统可以指导马铃薯种植，对于预防病害、降低成本、增加产量、提高效益等不同方面有很好的帮助作用，比 RBR 马铃薯专家系统有着很强的解题能力。但仍有很多地方需要改进，比如领域相关知识以及案例数据的进一步丰富，还有案例的修正是案例推理的难点，如何做到自动化修正还需要进一步讨论。另外，如何将 CBR 和其他先进技术结合做到互补融合将是我们下一步的研究目标。

结束语

本文首先通过专家系统技术、ASP.NET 和 XML 技术的有机结合,用知识工程的方法和手段将马铃薯专家的知识、经验和解决问题的方法系统化、形式化,在国家农业信息技术研究中心农业专家系统平台上开发建成了一套多媒体信息部分及智能决策部分相结合的 RBR 马铃薯专家系统。在山西神农网上经过调试和运用,不断的修正、完善系统的知识内容,同时改进系统开发技术,已经使其更具科学性,图、文、声并茂,融科技与艺术于一体。

目前,本系统已在山西省长治、运城、忻州等地区推广使用,群众普遍反映效果良好。此项开发研究对于由传统农业向现代农业转变将起到一定的促进作用。我国农业正在进行农业产业结构调整,其中,用现代科学技术武装广大农民是其中主要内容之一。农业智能化信息网络的建成,使用最高技术,从而加速了现代科技成果的普及率和对农业生产发展的贡献率,网络的建成,必将成为实现农业现代的加速器。因此本系统无论从农学角度或计算机角度来讲,都尽量采用了最先进的技术,起到了部分代替专家广泛指导生产实践的作用,对智能化农业信息技术的推广应用具有一定的理论和实践意义。关键技术应用总结如下:

1.RBR 技术

以[IF..THEN..]的规则方式表示,当某一事件发生时,被改变的事实可作为知识推论的依据,透过推理引擎针对这些事实,推论储存于知识库中的规则,包括如透过这些规则做前向推理、后向推理或模糊推理,取得最后的推理结果或最初发生原因的探讨,其中推论引擎就是负责归纳使用者需求与知识库内的知识并作适当的推论。

2.ASP.NET 和 XML 技术

采用 ASP.NET 技术,充分利用最新的交互式动态 WEB 站点创建方法和编程技术。ASP.NET 技术对客户浏览器要求不高,五个内置服务器组件

和对象以及其它 ActiveX 控件的提供,既可以方便灵活程序组织,又避免了传统的 CGI 的复杂编程,同时提高了程序效率,节省了网络带宽和服务资源。XML 技术的采用可以有效地表达网页上的各种知识,为信息的交换和计算提供新的载体。ASP.NET 和 XML 技术的应用使信息系统具有清晰美观的多媒体人机交互界面和方便的解释和帮助系统,使得对于整个系统的操作直观、灵活、方便、易于掌握和推广应用。

但是, RBR 系统还存在以下不足需进一步扩充和完善:

1. 因为复杂的推理过程, RBR 专家系统通常运行较慢而且检索规则时可能会出现组合爆炸等问题。所以对于知识工程师我们需要很全面细致的考虑每一条规则。

2. RBR 专家系统知识获取困难并且很耗时,这就是所谓的知识获取瓶颈问题。所以为了系统更能有效发挥作用我们必须努力和权威领域专家挖掘相关知识和数据。

3. 专家系统非常复杂,把专家知识表述规则化有相当的难度,因此,专家系统开发周期通常较长。因此我们就要想尽办法及时收集历年来的成功案例将其转化为规则节省开发周期。

4. RBR 专家系统一旦开发出来不易于维护和自动学习。所以我们要努力改善这方面的问题,争取通过其他方式得到改善。

5. RBR 专家系统对问题进行求解时若没有和求解问题对应的推理规则时,系统显得无能为力。对于某些领域并没有模型或成熟的领域知识,在这样的领域开发专家系统是比较困难的,可以考虑 RBR 技术和其他技术的有效结合,这也是以后要做的工作。

考虑到农业领域中许多问题的模糊性和知识获取中的瓶颈的特点,对农业知识的表示作了深入的研究,对传统的基于规则的表示方法进行了扩展,本文最后又引入基于案例推理方法,依次介绍了其产生背景、基本思想、研究历史与现状,在着重论述了基于案例推理的理论与技术在此基础上,依据马铃薯种植的规律,设计讨论了 CBR 马铃薯专家系统平台,为马

铃薯智能决策提供一条新的途径。涉及到的关键技术如下：

1. CBR 技术

案例推理（CBR）之概念源自于认知活动中的记忆结构与心理机制刺激与反应之模式，是知识表达的一种方法。最主要就是利用先前的经验来解决问题，而在 CBR 中，知识是以过去的案例来表示，而有关 CBR 的处境是关联于记忆的经验，所以人们会使用适当经验来解决目前所存在之问题；此决策的运作逻辑原则上就是[问题 A,解答 A],[状态 B,案例 B],如果问题 A 可被状态 B 所描述，则案例 B 可作为解答 A 之参考答案。

2. 最近相邻算法

本系统平台案例检索采用最近相邻的策略，检索速度快，效率高，应用广泛适合较大量的案例数据的检索。其中，案例之间相似度计算采用矩阵，计算准确度较高，能较完整地反映各案例中各因素的影响程度。

采用基于案例推理技术建立的 CBR 马铃薯专家系统平台，案例获取简单，克服了知识难提取的问题；采用 VB 设计的系统的界面友好，操作简单直接，适用于一般用户。虽然目前还没有投入使用处于探讨期，但为专家系统开发开辟了新的途径和思路。随着 CBR 理论和技术的逐渐成熟，CBR 将会和 RBR 技术一样得到推广和重视，为我们平台和系统的更加完善提供更完美的支持。

参考文献

- [01] 杨国强, 王双喜, 杜伟. 我国农业专家系统的进展. 山西农业大学学报, 2004, 24 (3): 303-305.
- [02] 上官周平. 农业专家系统及其应用. 农业现代化研究, 1994, 15 (5): 298-301.
- [03] Landry.Jacques A, Norris.Eric R. Expert system for the control of potato storage environments. Applied Engineering in Agriculture, 2001, 17 (6): 839-844.
- [04] Schaper.L.A, Lund.S. An expert system on the suberization phase of potato storage. Applied engineering in Agriculture, 1992, 8 (3): 401-406.
- [05] 何离庆. 多媒体蔬菜专家系统 MVPES. 计算机与农业, 2001, (2): 9-12.
- [06] 张志云. 电脑农业专家系统及其应用. 四川农业科技, 2000, (1): 37.
- [07] 周汇. 浅析农业专家系统开发及其在生产中的作用. 西南农业学报, 2003, 16 (3): 117-121.
- [08] 陈荣, 马铃薯专家系统的研究与构建, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2003 年.
- [09] 陈慧君, 基于 ASP 技术的小麦专家系统的研究与构建, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2000 年.
- [10] 潘大志, 基于构建的农业专家系统开发工具的设计与实现, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2003 年.
- [11] 高明亮, 王雪珍, 吴顺章. 农业专家系统存在的问题与对策. 洛阳高等专科学校学报, 2001, 21 (2): 88-90.
- [12] 欧阳建权, 钱跃良, 李锦涛等. 基于 PDA 的农业专家系统的知识表示与推理策略. 计算机科学, 2001, 28 (11): 40-43.
- [13] 杨静, 山西省荞麦专家系统的构建, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2001 年.
- [14] 谷利明, 网络化马铃薯专家系统的研究与开发, [学位论文].太原:太原

- 理工大学图书馆, 2001 年.
- [15] 任海涛, 基于案例的推理及其在农业专家系统中的应用, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2004 年.
- [16] 熊范纶.农业专家系统及其开发工具.北京: 清华大学出版社, 1999 年.
- [17] 刘莉, 基于案例推理的殇山酥梨黑星病预测系统研究, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2004 年.
- [18]Rafea.A, ShaaLan.K. Using expert systems as a training tool in the agriculture sector in Egypt. Expert Systems with Applications, 1996, 11 (3): 343-349.
- [19] 张文星, 纪有奎, 专家系统原理与设计.武汉:武汉测绘科技大学出版社, 1989 年.
- [20] 田盛丰, 人工智能原理与应用-专家系统·机器学习·面向对象的方法, 北京:北京理工大学出版社, 1993 年.
- [21] 何华灿. 人工智能导论. 西安: 西北工业大学出版社, 1988 年.
- [22] 蔡自兴, 徐光佑. 人工智能及其应用. 北京: 清华大学出版社, 2000 年.
- [23] 孙世民, 丁健民, 李永发. 专家系统及其在农业上的应用. 山东农业大学报, 1998, 29(2): 270-271.
- [24] 陆汝铃. 人工智能. 北京: 科学出版社, 1982 年.
- [25] 蔡自兴, 徐光佑. 人工智能及其应用, 第二版. 北京: 清华大学出版社. 1996 年.
- [26] 杨静, 李生海, 杨盘洪. 小麦施肥决策知识库研究与实现. 太原理工大学学报. 2005, 36(5): 515-518
- [27] Yang Panhong, Yang Jing. Architecture and Implementation of Knowledge Base in Web-based Agriculture Expert System. In: Proceedings of ICEMI'2001, Nov. 18~21, 2001, Guilin, China. 818-821
- [28]EngelB.A,BeasleyD.B,Barret.J.R. Integrating expert systems with conventional problem-solving techniques using blackboards. Computers

- and Electronics in Agriculture, 1990, 4 (4): 287-401.
- [29] 张丽娟, 基于案例推理技术(CBR)在人参病虫害专家系统中的应用, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2003年.
- [30] 冯登超, 智能化马铃薯信息处理系统的研究与应用, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2004年.
- [31] 崔莅凯, 智能化农业信息系统中不精确推理和基于案例推理的研究, [学位论文]. 太原:太原理工大学图书馆, 2002年.
- [32] Paek.Yong-Kee, Seo.Jungyun, Kim.Gil-Chang. Expert system with case-based reasoning for database schema design. Decision Support Systems, 1996, 18 (1): 83-95.
- [33] Vo.Dinh Phuoc, Macchion.David. Use of case-based reasoning technique in building expert systems. Future Generation Computer Systems, 1993, 9 (4): 311-319.
- [34] Jakobson.Gabriel, Lewis.Lundy, Buford.John, Sherman.Ed. Battlespace situation analysis: The dynamic CBR approach, Proceedings-IEEE Military Communications Conference MILCOM, 2004, 2 (15): 941-947.
- [35] Decoussemaeker, Pascal. The use of a second-generation expert system based on "case-based reasoning" for the operational support of gas turbine-based power plants. Proceedings of the ASME Turbo Expo, 2005, 5 (7): 409-417.
- [36] Liao.T.Warren. An investigation of a hybrid CBR method for failure mechanisms identification. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2004, 17 (1): 123-134.
- [37] 骆敏舟, 周美立. 实例推理检索中相似度量方法的研究. 合肥工业大学报(自然科学版), 2001, 24(6): 1091-1094.
- [38] Nunez.Hector, Sanchez-Marre.Miquel, Cortes.Ulises etc. A comparative study on the use of similarity measures in case-based reasoning to improve

the classification of environmental system situations. *Environmental Modeling and Software*, 2004, 19 (9): 809-819.

[39]Gervas.Pablo,Diaz-Agudo.Belen,Peinado.Federico etc. Story plot generation based on CBR. *Knowledge-Based Systems*, 2005, 18 (4): 235-242.

[41] 郭茂祖, 苏晓红, 王亚东等. 基于 IBL 算法的 CBR 系统中索引与检索机制研究. *计算机工程与应用*, 2001, 37 (5): 67-69.

附录 1

RBR 马铃薯专家系统多媒体信息部分代码:

```

<HEAD>
  <title>山西省马铃薯专家系统</title>
  <STYLE type="text/css">
BODY { SCROLLBAR-SHADOW-COLOR: #ff9401; SCROLLBAR-3DLIGHT-COLOR:
#000000; SCROLLBAR-ARROW-COLOR: #ffffff; FONT-FAMILY: 宋体 ;
SCROLLBAR-DARKSHADOW-COLOR: #000000 }
  </STYLE>
  <style>
UNKNOWN { FONT-WEIGHT: bold; COLOR: rgb(0,0,255); FONT-FAMILY: 宋
体 }
.zzbutton { FONT-WEIGHT: bold; COLOR: rgb(255,0,0); FONT-FAMILY: 宋
体 }
.bzText { FONT-FAMILY: 宋体 }
BODY { FONT-FAMILY: 宋体 }
INPUT { FONT-FAMILY: 宋体 }
SELECT { FONT-FAMILY: 宋体 }
TD { FONT-FAMILY: 宋体 }
TABLE { FONT-FAMILY: 宋体 }
FIELDSET { FONT-FAMILY: 宋体 }
  </style>
  <meta content="Microsoft Visual Studio.NET 7.0" name="GENERATOR">
  <meta content="Visual Basic 7.0" name="CODE_LANGUAGE">
  <meta content="JavaScript" name="vs_defaultClientScript">
  <meta content=
"http://schemas.microsoft.com/intellisense/ie5" name="vs_targetSchema">
</HEAD>
<BODY bgcolor="antiquewhite" topmargin=0>
  <form id="LeftTree" method="post" runat="server">
  <SCRIPT language="JavaScript">
NS5 = (document.layers) ? 1 : 0;
IE6 = (document.all) ? 1 : 0;
ver6 = (NS5 || IE6) ? 1 : 0;
if (ver6) {
  with (document) {
    write("<STYLE TYPE='text/css'>");
    if (NS5) {
      write(".parent {position:absolute; visibility:visible}");
      write(".child {position:absolute; visibility:visible}");
      write(".regular {position:absolute; visibility:visible}")
    }
    else {
      write(".child {display:none}")
    }
    write("</STYLE>");
  }
}
  </SCRIPT>
  </form>
  </BODY>
  </HTML>

```

```

    }
}

function getIndex(el) {
    ind = null;
    for (i=0; i<document.layers.length; i++) {
        whichEl = document.layers[i];
        if (whichEl.id == el) {
            ind = i;
            break;
        }
    }
    return ind;
}

function arrange()
{
    nextY = document.layers[firstInd].pageY +
    document.layers[firstInd].document.height;
    for (i=firstInd+1; i<document.layers.length; i++)
    {
        whichEl = document.layers[i];
        if (whichEl.visibility != "hide") {
            whichEl.pageY = nextY;
            nextY += whichEl.document.height;
        }
    }
}

function initIt()
{
    if (!ver6) return;
    if (NS5)
    {
        for(i=0; i<document.layers.length; i++)
        {
            whichEl = document.layers[i];
            if (whichEl.id.indexOf("Child")!==-1) whichEl.visibility = "hide";
        }
        arrange();
    }
    else {
        divColl = document.all.tags("DIV");
        for (i=0; i<divColl.length; i++) {
            whichEl = divColl(i);
            if (whichEl.className == "child")
                <%if mn=1 then %> whichEl.style.display = "block";
                <%else%> whichEl.style.display = "none";<%end if%>
        }
        <%if mn=1 then %>
        for( var i=0;i<<%=menui%>;i++)
        {
            thisel=eval("KB"+i+"Parent");
            thatel=eval("KB"+i+"Parent1");

```

```

        thisel.style.display="none";
        thatel style display="block";
    }
    <%end if%>
}
}
function colorf(el)
{
for( var i=0;i<<%=menui%>;i++)
{
    thatel1=eval("KB"+i+"Parent");
    thatel1.style.backgroundColor="transparent";
    thatel1=eval("KB"+i+"Parent1");
    thatel1.style.backgroundColor="transparent";
    }
    for( var j=1;j<<%=zcds%>;j++)
    {
        thatel=eval("ttt"+j);
        thatel.style.backgroundColor="transparent";
    }
    thisel=eval(el);
    thisel.style.backgroundColor="#<%=trim(application("一级菜单焦点_1"))%>";
}
//
function expandf1(el) {
    if (!ver6) return;
    if (IE6) {
        for( var i=0;i<<%=menui%>;i++){
            thatel1=eval("KB"+i+"Parent");
            thatel1.style.backgroundColor="transparent";
            thatel1=eval("KB"+i+"Parent1");
            thatel1.style.backgroundColor="transparent";
        }
        for( var j=1;j<<%=zcds%>;j++){
            thatel1=eval("ttt"+i);
            thatel1.style.backgroundColor="transparent";
        }
    }
    //end
    whichEl = eval(el + "Child");
    thisel=eval(el+"Parent");
    //thatel=eval(el+"Parent1");
    thisel.style.backgroundColor="#<%=trim(application("主菜单焦点_1"))%>";
    thatel=eval(el+"Parent1");
    thatel.style.backgroundColor="#<%=trim(application("主菜单焦点_1"))%>";
    if (whichEl.style.display == "none") {
        whichEl.style.display = "block";
        thisel.style.display="none";
        thatel.style.display="block";
    }
    else {
        whichEl.style.display = "none";
        thisel.style.display="block";
    }
}

```



```

<td>
<asp:panel id="Panel1" style="LEFT: 10px; POSITION: absolute; TOP: 60px"
Runat="server">
<%
dim nps as integer
nps=0
for i=0 to menui-1
%>
<DIV class="parent" id="KB<%=i%>Parent">
<A onclick="expandIt('KB<%=i%>'); return false">
<IMG src="gif/plus1.gif" border=0>
<font style="FONT-WEIGHT: normal; CURSOR: hand;font-size:
<%=application("主菜单项_2")%>;BACKGROUND-COLOR: transparent">
<%=menu(i)%>
</font>
</A>
</DIV>
<DIV class="parent" id="KB<%=i%>Parent1" style="display:none;">
<A onclick="expandIt('KB<%=i%>'); return false">
<IMG src="gif/min1.gif" border=0>
<font style="FONT-WEIGHT: normal; CURSOR: hand;
font-size: <%=application("主菜单项_2")%>;
BACKGROUND-COLOR: transparent" ><%=menu(i)%>
</font>
</A>
</DIV>
<DIV class="child" id="KB<%=i%>Child" <%if mn<>1 then%>
style="display:none" <%end if%>>
<%for j=0 to numm(i)-1
nps=nps+1
%>
<IMG alt="" src="gif/spacer.gif" border=0>
<IMG src="<%=tu(i,j)%>" border=0>
<LABEL id="t<%=nps%>" style="CURSOR: hand"
onclick="colorf('t<%=nps%>');window.open('<%=formvalue(i,j)%>
<%=sjvalue(i,j)%>', 'main,');">
<font style=" FONT-STYLE: normal; BACKGROUND-COLOR: transparent;
font-size: <%=application("一级菜单项_2")%>;FONT-VARIANT: normal"
color=<%=application("一级菜单项_3")%> ><%=menumc(i,j)%>
</font>
</LABEL>
<DIV id="fff<%=nps%>" style="BACKGROUND-IMAGE:
url(images/zoominf.gif);
WIDTH: 14px; CURSOR: hand; BACKGROUND-REPEAT: no-repeat;font-size:
<%=application("一级菜单项_2")%>; POSITION: absolute; HEIGHT: 18px"
onclick="window.open('<%=formvalue(i,j)%><%=sjvalue(i,j)%>', 'toolbar:
no;location.no;directories.no;status.no;menubar.no;scrollbars:=yes,resiz
able=yes,copyhistory.no;)" ms_positioning="FlowLayout">
</DIV>
<BR>
<%next%>
</DIV>

```

```
<%next%>
</asp:panel>
</td>
</TR>
</TABLE>
<SCRIPT language="JavaScript">
if (NS5)
{
firstEl = "KB1Parent";
firstInd = getIndex(firstEl);
arrange();
}
</SCRIPT>
</form>
</BODY>
</HTML>
```

附录 2

CBR 马铃薯专家系统平台部分代码:

Option Explicit

```
Private Sub MDIForm_Load()  
    '加载主窗体  
    stbInfo.Panels(1).Text = "基于案例推理的马铃薯专家系统"  
    stbInfo.Panels(2).Text = "欢迎您!" & userName  
    If purView = 1 Then  
        mnuCaseM.Enabled = False  
        mnuUserMgr.Enabled = False  
        tbrFunction.Buttons(1).Enabled = False  
        tbrFunction.Buttons(5).Enabled = False  
    End If  
End Sub
```

Option Explicit

```
Public LoginSucceeded As Boolean  
Dim link As clsDBLink
```

```
Private Sub cmdCancel_Click()  
    '设置全局变量为 false  
    '不提示失败的登录  
    LoginSucceeded = False  
    Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub mnuPwdChange_Click()  
    '修改当前用户密码  
    frmPwd.Show vbModal, Me  
End Sub
```

```
Private Sub mnuRegist_Click()  
    '重新登录  
    isFirstRegist = False  
    frmLogin.Show vbModal, Me
```

End Sub

```

Private Sub cmdOk_Click()
    '检查正确的密码
    On Error GoTo error_proc1:
    Set link = New clsDBLink
    Dim rst As New ADODB.Recordset
    Dim strSQL As String

    link.accessDBLink ("m1salku.mdb")
    strSQL = "select userName,userPurview from userinfo" & _
    " where userName=" & cboUserName.Text & " and userPwd=" & txtPassword.Text
    & ""

    rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenStatic, adLockOptimistic, adCmdText
    If Not rst.EOF Then
        '输入正确的处理代码
        LoginSucceeded = True
        strSQL = "update userinfo set registered=true where userName=" &
rst.Fields("userName") & ""
        userName = rst.Fields("userName")
        purView = rst.Fields("userPurview")
        link.Connect.Execute (strSQL)
        Me.Hide
        If isFirstRegist = False Then Unload frmMain
        frmMain.Show
        '更改用户后新用户第一次登录
        isFirstRegist = True
    Else
        '输入错误的处理代码
        MsgBox "用户名或密码输入错误, 请重试!", vbInformation, "登录"
        txtPassword.SetFocus
        SendKeys "{Home}+{End}"
    End If

    rst.Close
    Set rst = Nothing
    link.DropLink
    Set link = Nothing
    Exit Sub
error_proc1:
    Call errorProc(Err)

```

End Sub

Private Sub Form_Load()

 '标题居中

 Label1.Left = (Me.Width - Label1.Width) / 2

 '获取已经登录过的用户名到 userName 组合框

 On Error GoTo error_proc:

 Set link = New clsDBLink

 Dim rst As New Recordset

 Dim strSQL As String

 link.accessDBLink ("m1salku.mdb")

 strSQL = "select userName from userinfo where registered=true"

 rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenStatic, adLockOptimistic, adCmdText

 While Not rst.EOF

 cboUserName.AddItem Trim(rst.Fields(0))

 rst.MoveNext

 Wend

 cboUserName.ListIndex = 0

 rst.Close

 Set rst = Nothing

 link.DropLink

 Set link = Nothing

 Exit Sub

error_proc:

 Call errorProc(Err)

End Sub

Option Explicit

Dim link As clsDBLink

Dim rst As ADODB.Recordset

Private Sub readActiveRow()

 Dim i As Long

 For i = 0 To 8

 txtQu(i).Text = rst.Fields(i + 1)

 Next i

End Sub

```

Private Sub cmdAvailability_Click()
    '数据有效性验证, 权值之和应等于 1
    On Error GoTo error_proc2:
    Dim sum As Double
    sum = 0
    Dim i As Long
    For i = 0 To 8
        sum = sum + txtQu(i).Text
    Next i
    If sum = 1 Then
        MsgBox "权值合法", vbInformation + vbOKOnly, "权值合法"
    Else
        MsgBox "所有权值之和应等于 1!", vbInformation + vbOKOnly, "权值无效"
    End If
    Exit Sub
error_proc2:
    If Err.Number = 13 Then
        MsgBox "类型不匹配, 请确认是否输入数值", vbInformation + vbOKOnly, "验证错误"
    Exit Sub
    End If
    Call errorProc(Err)
End Sub

Private Sub cmdExit_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub cmdSave_Click()
    '保存
    On Error GoTo error_proc1:
    Dim i As Long
    For i = 0 To 8
        If txtQu(i).Text <> Empty Then
            rst.Fields(i + 1) = Trim(txtQu(i).Text)
        Else
            MsgBox "值不能为空", vbInformation + vbOKOnly, "输入不合法"
        Exit For
    End If
    Next i
    rst.Update

```

```

Exit Sub
error_procl:
    If Err.Number = -2147217887 Then
        MsgBox "值不能为非数值字符", vbInformation + vbOKOnly, "输入不合法"
        Exit Sub
    End If
    If Err.Number = -2147467259 Then
        MsgBox "权值必须大于等于 0 小于等于 1", vbInformation + vbOKOnly, "输入不合法"
        Exit Sub
    End If
    Call errorProc(Err)
End Sub

Private Sub Form_Load()
    On Error GoTo error_procl:
    Set link = New clsDBLink
    Set rst = New ADODB.Recordset
    Dim strSQL As String
    strSQL = "select * from power"

    Call link.accessDBLink("m1salku.mdb")
    rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic, adCmdText
    readActiveRow

    Exit Sub
error_procl:
    Call errorProc(Err)
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    rst.Close
    Set rst = Nothing
    link.DropLink
    Set link = Nothing
End Sub

Private Sub MDIForm_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)
    If isFirstRegist = True Then
        If MsgBox("您要选择退出吗? ", vbOKCancel + vbQuestion, "退出系统") = vbOK Then

```

```
        Cancel = 0
    End          '程序出口
Else
    Cancel = 1
End If
End If
End Sub

Private Sub mnuCaseM_Click()
    '载入案例维护子窗体
    frmCaseM.Show
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub mnuPower_Click()
    '载入权值设定对话框
    frmPower.cmdExit.Caption = "退出(&E)"
    frmPower.Show vbModal, Me
End Sub

Private Sub mnuPreview_Click()
    '载入病害预测子窗体
    frmPreview.Show
End Sub

Private Sub mnuUserMgr_Click()
    '调用用户管理功能
    frmUserMgr.Show vbModal, Me
End Sub

Private Sub mnuVersion_Click()
    '调用版本说明对话框
    frmAbout.Show
End Sub

Private Sub tbrFunction_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    '工具条
```

```
Select Case (Button.Index)
    Case 1
        mnuPreview_Click
    Case 2
        mnuPower_Click
    Case 3
        mnuCaseM_Click
    Case 5
        mnuUserMgr_Click
    Case 6
        mnuPwdChange_Click
    Case 8
        mnuRegist_Click
    Case 10
        mnuVersion_Click
    Case 11
        mnuExit_Click
End Select
End Sub
Option Explicit

Private Const COLOR1 As Long = &H80000005
Private Const COLOR2 As Long = &H80000013
Dim link As clsDBLink
Dim rst As ADODB.Recordset

Private Sub txtEnabled(flag As Boolean)
    Dim i As Long
    For i = 0 To 8
        Text1(i).Enabled = flag
        If flag Then
            Text1(i).BackColor = COLOR1
        Else
            Text1(i).BackColor = COLOR2
        End If
    Next i
    cmdDate.Enabled = flag
End Sub

Private Sub cmdDate_Click()
    cdrDate.Visible = True
```

End Sub

```
Private Sub cdrDate_DblClick()
    cdrDate.Visible = False
    Text1(0).Text = cdrDate.Year
    Text1(1).Text = cdrDate.Month
    Text1(2).Text = cdrDate.Day
End Sub
```

```
Private Sub cmdExit_Click()
    Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub cmdPurConfirm_Click()
    '权值确认
    frmPower.cmdExit.Caption = "确认(&C)"
    frmPower.Show vbModal
    cmdGo.Enabled = True
    cmdPurConfirm.Enabled = False
End Sub
```

```
Private Sub cmdValidate_Click()
    '验证所有的文本框不能全为空
    On Error GoTo error_procl:
    Dim i As Long
    For i = 0 To 8
        If Trim(Text1(i).Text) = Empty Then
            MsgBox "数据不能为空", vbInformation + vbOKOnly, "输入不合法"
            Exit Sub
        ElseIf Not IsNumeric(Trim(Text1(i).Text)) Then
            MsgBox "数据不能是数值之外的字符", vbInformation + vbOKOnly, "输入不合法"
            Exit Sub
        End If
    Next i
    MsgBox "输入合法请单击 Go 按钮进行相似度计算", vbInformation + vbOKOnly, "输入合法"
    '将合法数据存入 factor 表
    Set link = New clsDBLink
    Set rst = New ADODB.Recordset
    Dim strSQL As String
```

```

strSQL = "select * from factor"
link.accessDBLink ("mksalku.mdb")
rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic, adCmdText

For i = 0 To 8
    rst.Fields(i + 1) = Trim(Text1(i).Text)
Next i
rst.Update

rst.Close
Set rst = Nothing
link.DropLink
Set link = Nothing

cmdPurConfirm.Enabled = True
cmdValidate.Enabled = False
Call txtEnabled(False)
Exit Sub
error_proc1:
    Call errorProc(Err)
End Sub

Private Sub cmdGo_Click()
    '相似度计算
    On Error GoTo error_proc:
        Set link = New clsDBLink
        Set rst = New ADODB.Recordset
        Dim comp As New clsSimCompute
        Dim strSQL As String
        Dim data() As Double
        Dim factor(8) As Double
        Dim power(8) As Double
        Dim result() As Double
        Dim i, j As Long

        strSQL = "select * from bmdata"
        link.accessDBLink ("mksalku.mdb")
        rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenStatic, adLockOptimistic, adCmdText
        ReDim data(rst.RecordCount - 1, 8) As Double
        ReDim result(rst.RecordCount - 1) As Double
    
```

```

comp.DataCount = rst.RecordCount
comp.FactorCount = 8

'载入案例库
i = 0
While Not rst.EOF
    For j = 0 To 8
        data(i, j) = rst.Fields(j + 1)
    Next j
    rst.MoveNext
    i = i + 1
Wend
rst.Close

'载入目标案例影响因素特征值
strSQL = "select * from factor"
rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenStatic, adLockOptimistic, adCmdText
For i = 0 To 8
    factor(i) = rst.Fields(i + 1)
Next i
rst.Close

'载入影响因素权值
strSQL = "select * from power"
rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenStatic, adLockOptimistic, adCmdText
For i = 0 To 8
    power(i) = rst.Fields(i + 1)
Next i
rst.Close

'计算
Call comp.compute(data, factor, power, result)

'保存计算结果
strSQL = "select * from bmdata"
rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic, adCmdText
i = 0
While Not rst.EOF
    rst.Fields("sim") = result(i)
    rst.Update
    rst.MoveNext

```

```

        i = i + 1
    Wend
    rst.Close

    link.DropLink
    Set rst = Nothing
    Set link = Nothing

    '显示结果

    frmResult.Show vbModal

    cmdGo.Enabled = False
    cmdValidate.Enabled = True
    Call txtEnabled(True)
    Exit Sub
error_proc:
    Call errorProc(Err)
End Sub
Option Explicit

Dim link As clsDBLink
Dim rst As ADODB.Recordset

Private Sub cmdCancel_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub cmdConfirm_Click()
    '确认旧密码，确认新密码，更改密码
    On Error GoTo error_proc1:
    If Trim(rst.Fields("userPwd")) = Trim(txtOldPwd.Text) Then
        If Trim(txtNewPwd2.Text) = Trim(txtNewPwd1.Text) Then
            link.Connect.Execute ("update userinfo set userPwd=" & txtNewPwd1.Text
            & " where userName=" & userName & """)
            MsgBox "密码修改成功!", vbInformation + vbOKOnly, "修改成功"
            Unload Me
        Else
            MsgBox "密码确认不一致! 请重新输入新密码后确认", vbInformation +
            vbOKOnly, "确认错误"
        End If
    End If
End Sub

```

```

        txtNewPwd1.Text = Empty
        txtNewPwd2.Text = Empty
        txtNewPwd1.SetFocus
    End If
Else
    MsgBox "旧密码输入错误! 请重新输入", vbInformation + vbOKOnly, "输入错误"
    txtOldPwd.Text = Empty
    txtNewPwd1.Text = Empty
    txtNewPwd2.Text = Empty
    txtOldPwd.SetFocus
End If
Exit Sub
error_proc1:
    Call errorProc(Err)
End Sub

Private Sub Form_Load()
    '取出当前用户的密码
    On Error GoTo error_proc:
    Set link = New clsDBLink
    Set rst = New ADODB.Recordset
    Dim strSQL As String

    link.accessDBLink ("m1salku.mdb")
    strSQL = "select userPwd from userInfo where userName='" & userName & "'"
    rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic, adCmdText
    Exit Sub
error_proc:
    Call errorProc(Err)
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    rst.Close
    Set rst = Nothing
    link.DropLink
    Set link = Nothing
End Sub
Option Explicit

Dim link As clsDBLink

```

```

Dim rst As ADODB.Recordset
Dim opt As Integer

Private Sub cmdConfirm_Click()
    Select Case opt
        Case 0
            rst.AddNew
            rst.Fields("userName") = txtName.Text
            rst.Fields("userPwd") = " "
            rst.Fields("userpurview") = cboPurview.ListIndex
            rst.Update
        Case 2
            rst.Fields("userPurview") = cboPurview.ListIndex
            rst.Update
    End Select
    Call ctlEnabled(False)
    Call tbrEnabled(True)
    fraOption.Caption = "添加用户/修改权限"
    opt = -1
End Sub

Private Sub cmdCancel_Click()
    '放弃修改
    txtName.Text = rst.Fields("userName")
    cboPurview.ListIndex = rst.Fields("userPurview")
    Call ctlEnabled(False)
    Call tbrEnabled(True)
    fraOption.Caption = "添加用户/修改权限"
    opt = -1
End Sub

Private Sub dgrUserInfo_RowColChange(LastRow As Variant, ByVal LastCol As Integer)
    txtName.Text = rst.Fields("userName")
    cboPurview.ListIndex = rst.Fields("userPurview")
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Call ctlEnabled(False)

    '初始化组合框
    cboPurview.AddItem "系统管理员", 0

```

```
cboPurview.AddItem "普通用户", 1

On Error GoTo error_procl:
Set link = New clsDBLink
Set rst = New ADODB.Recordset
Dim strSQL As String

link.accessDBLink ("mIsalku.mdb")
strSQL = "select userName,userPwd,userPurview from userinfo"
rst.Open strSQL, link.Connect, adOpenDynamic, adLockOptimistic, adCmdText
Set dgrUserInfo.DataSource = rst

txtName.Text = rst.Fields("userName")
cboPurview.ListIndex = rst.Fields("userPurview")
Exit Sub
error_procl:
Call errorProc(Err)
End Sub

Private Sub ctiEnabled(flag As Boolean)
If flag = True Then
fraOption.Enabled = True
txtName.Enabled = True
cboPurview.Enabled = True
cmdConfirm.Enabled = True
cmdCancel.Enabled = True
txtName.BackColor = &H8000000E
cboPurview.BackColor = &H8000000E
Elseif flag = False Then
fraOption.Enabled = False
txtName.Enabled = False
cboPurview.Enabled = False
cmdConfirm.Enabled = False
cmdCancel.Enabled = False
txtName.BackColor = &H80000013
cboPurview.BackColor = &H80000013
End If
End Sub
```

```

Private Sub tbrEnabled(flag As Boolean)
    tbrUserMgr.Buttons(1).Enabled = flag
    tbrUserMgr.Buttons(2).Enabled = flag
    tbrUserMgr.Buttons(4).Enabled = flag
    tbrUserMgr.Buttons(6).Enabled = flag
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    rst.Close
    Set rst = Nothing
    link.DropLink
    Set link = Nothing
End Sub

Private Sub tbrUserMgr_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)
    Select Case Button.Caption
        Case "添加新用户"
            Call addNewUser
        Case "删除用户"
            Call dropUser
        Case "权限管理"
            Call purviewMgr
        Case "退出"
            Unload Me
    End Select
End Sub

Private Sub addNewUser()
    '添加新用户
    opt = 0
    fraOption.Caption = "添加用户"
    Call tbrEnabled(False)
    Call ctfEnabled(True)
    txtName.Text = Empty
    cboPurview.ListIndex = 1
End Sub

Private Sub dropUser()
    '删除用户
    opt = 1
    If rst.Fields("userName") = "admin" Then

```

```
MsgBox "admin 是系统默认的管理员用户，不可删除", vbExclamation +  
vbOKOnly, "操作违法"  
Exit Sub  
ElseIf rst.Fields("userName") = "public" Then  
MsgBox "public 是系统默认的一般用户，不可删除", vbExclamation +  
vbOKOnly, "操作违法"  
Exit Sub  
End If  
If MsgBox("是否要删除用户" & rst.Fields("userName"), vbQuestion + vbOKCancel,  
"删除用户") = vbOK Then  
rst.Delete  
rst.Update  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub purviewMgr()  
'权限管理  
opt = 2  
fraOption.Caption = "修改权限"  
Call tbrEnabled(False)  
fraOption.Enabled = True  
cboPurview.Enabled = True  
cboPurview.BackColor = &H8000000E  
cmdConfirm.Enabled = True  
cmdCancel.Enabled = True  
End Sub
```

致谢

首先,非常感谢我的导师杨盘洪教授,感谢杨老师在我三年的研究生学习生涯中对我的悉心指导和教育。项目的开发期间,杨老师对项目的每一个环节都和我们在一起仔细研究,项目验收前夕,杨老师又和我们在一起认真检查系统的各个功能模块,认真对待每一个细小的问题,为项目的最终验收付出了很大的辛劳。杨老师严谨的治学态度、忘我的工作作风、丰富的人生经验以及雄厚的理论基础,使我受益匪浅,为我今后的人生道路开启了一盏明灯,我谨表示深深的感谢!

感谢实验室的博士研究生杨静同学在课题设计中对我的指导。在课题设计期间他给予了我诸多的鼓励和帮助,使我在学习和论文完成过程中不断进步,得以顺利完成我的毕业论文。

感谢课题组一起工作过和我同届的朱丽凤、刘铨同学,在系统的开发和下乡技术推广中他们与我一起工作,为项目的顺利进行付出了极大的努力。感谢实验室其他帮助过我的同学朱军祥、赵晋安、宋晰、张宏亮、王斌等,在课题设计期间他们给予了我诸多的鼓励和帮助,使我在学习和毕业设计过程中不断进步,得以顺利完成我的毕业设计。

感谢山西省高寒作物研究所所长杜珍老师。在系统建立过程中,杜老师提供了马铃薯种植方面最原始的资料,认真的检查系统每模块及推理结论的合理性,使得本系统二次开发圆满完成。

最后,要特别感谢我的父母和爱人南永红,他们对我学习及学业完成给予的极大支持和鼓励。

攻读学位期间参加的项目及发表的论文

参加的项目:

攻读学位期间, 一直从事于国家 863 计划“智能化农业信息处理系统”中智能化马铃薯信息处理系统的二次开发。

发表论文:

- [1] 王玲, 杨盘洪, 案例推理和规则推理相结合的农业专家系统研制, 太原理工大学学报, 2006, 37 (3): 267-269.