

专家系统及其在节水农业中的研究与应用^{*}

王文娥¹,汪志农¹,马孝义¹,周俊²,苗壮²

(1 西北农林科技大学 农业水土工程研究所,陕西 杨陵 712100;2 内蒙古河套灌区 乌拉特灌域管理局,内蒙古 巴盟 014400)

[摘要] 阐述了专家系统的研究现状及其在节水农业中的应用,指出在节水农业专家系统开发中应根据不同层次的用户进行设计,注重多学科知识和多种技术手段的集成。农业专家系统的研制、开发、推广、应用将是传统农业向现代化农业转变的重要标志,是科教兴农的重大突破。

[关键词] 专家系统;节水农业;灌溉管理

[中图分类号] S274.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)03-125-04

专家系统(Expert System)是人工智能的一个分支,它的不精确推理,知识库和推理机分离及自我学习等特性使它不同于传统的程序设计方法,能够很好地处理一些非确定性或非结构化的复杂问题,被广泛地应用于医疗、工业、农业、教育等领域^[1,2]。农业专家系统在作物管理及病虫害防治方面研究较多,但关于节水灌溉管理方面还处于起步阶段^[3]。灌溉农业是世界上最大的消耗性用水户之一,它的最优化管理可以节省大量的水资源。而我国水资源十分缺乏且地区分布不均,尤以北方地区为甚,发展节水农业势在必行。多年来我国在节水农业研究方面取得了很多成果,但我国农民的整体素质还不高,影响先进灌排技术的推广。利用农业专家系统则可提高先进灌排科研成果的转化率,推动节水农业的发展,专家系统在节水农业中有很广阔的应用前景。

1 专家系统及其开发方式研究现状

1.1 发展概况

专家系统是用基于知识的程序设计方法建立起来的计算机系统,它综合集成了某个特殊领域内专家的知识和经验,运用这些知识通过推理,模拟人类专家作决定的过程来解决一些专家才能解决的复杂问题。专家系统由知识库、推理机、知识获取、解释界面等 4 个部分组成。知识库和推理机是专家系统的核心。建立知识库的关键是知识表示方式,推理机用于确定不精确推理的方法。知识获取是指知识工程师整理、总结领域知识、经验,按照知识表示方式编

写知识库。解释界面是用户的一个窗口,能够处理各种咨询问题^[1]。

60 年代中期,美国斯坦福大学的 Dendral 以及麻省理工学院的 Macsyma 开始了首批专家系统的工作。Dendral 是有机化学分析方面的,Macsyma 是符号积分和公式化简方面的。这方面的研究工作一直持续到 70 年代中期,以 Mycin(细菌感染患者的诊断和治疗计算机系统)为标志,较为完善地提出了专家系统的含义。从 60 年代到 80 年代的 20 多年里,专家系统在医学、地质、生物化学、故障诊断、工程、数学问题求解、教育、军事等领域取得了很大的进步,科技的进一步发展为建立专家系统对生产和管理进行辅助决策提供了条件^[4]。进入 80 年代,人们对专家系统有了新的认识,专家系统研究进入高速发展阶段。Jones^[4]于 1985 年对专家系统下了定义,与现在对专家系统的认识非常接近。此期也出现了许多农业生产管理专家系统,如 Lemmon^[5]开发出了棉花生产管理专家系统;Plant 等^[6]开发的农业管理专家决策支持系统 CALEX;Srinivasan 等^[7]开发的 ESIM 灌溉管理专家系统;Saputro 等^[8]开发的农业生产空中漂移物专家系统,研究了喷洒农药对环境的影响等。这些专家系统在实际应用中收到了很好的效果。

国内于 70 年代末期开始研究专家系统,80 年代初期开始研究农业专家系统。1980 年浙江大学与中国农科院蚕桑所合作开始研究蚕育种专家系统;1983 年中科院合肥智能研究所与安徽农科院合作

* [收稿日期] 2000-07-07

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(49871040);国家重大科技产业示范工程资助项目(99-021-01-02)

[作者简介] 王文娥(1975-),女,河南孟县人,在读硕士研究生,主要从事农业水土工程研究。

开发砂姜黑土小麦施肥专家系统。90 年代,国际上举办了多次有关农业专家系统的会议,我国专家系统的研究更是蓬勃发展,出现了许多农业专家系统^[9],包括小麦高产技术专家系统^[10],水果果形判别人工神经网络专家系统^[11],基于规则和图形的苹果、梨病虫害诊断及防治专家系统^[12]。另外,还有农业资源高效利用技术集成专家系统的设计^[13]、生态农业投资项目外部效益评估的专家系统^[14]、基于作物生长特征的作物栽培专家系统^[15]、基于生长模型的小麦管理专家系统^[16]等。这些农业专家系统促进了农业科技成果的应用与推广。

1.2 开发方式

专家系统主要采用一般的高级程序语言(如 PASCAL, FORTRAN, C 语言等)或人工智能语言(LISP, PROLOG 等)^[17]开发,由于专家系统中各个部分用了不同的语言,其链接和调试都比较繁琐,对于计算机语言不熟悉的知识工程师,建立专家系统将是很困难的。80 年代初,一些研究人员根据专家系统具有知识库和推理机分离的特点,尝试着把已建成的专家系统中的知识条“挖”掉,剩余部分作为框架(Frame),然后装入另一领域的专业知识,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。在这种思想的指导下产生了专家系统的开发平台,即专家系统开发工具,或称专家系统外壳(shell)。这是专为开发专家系统而创建的程序设计语言或其他辅助工具。利用专家系统开发工具,各个领域的专家只需将专门知识装入知识库,经调试修改,即可得到相应领域的专家系统,无需懂得许多计算机专业知识。

国外目前出现了许多专用的专家系统外壳,开发专家系统基本上是运用开发工具来实现的。Lemmon^[5]利用专家系统外壳,开发了 Comax 棉花生产管理专家系统。80 年代末,美国宇航局推出了基于规则的通用专家系统工具 CLIPS^[17]; Plant 等^[6,18,19]提出了综合作物管理专家系统外壳 CALEX; FAO 提供的关于灌溉作物需水量的 CROPWAT 软件包^[20]以及 Chaves 等^[21]介绍的在灌区操作中用计算机模拟模型来帮助编写计划的专家系统软件包 IRPSYS 等也均是专家系统开发工具。我国也出现了许多专家系统外壳,如“天马”专家系统开发工具^[9],吕民等^[22]开发的 ASCS 农业专家咨询系统开发平台以及蒋文科等^[23]研究的通用农业专家系统生成工具等。利用以上所述的工具已开发出许多专家系统,其中一些已形成系列化。如美国的 Plant 等

利用加利福尼亚大学戴维斯分校研制的 CALEX (作物管理支持系统)专家系统外壳,开发出棉花生产管理 CALEX/Cotton、桃树园林管理 CALEX/Peach、水稻生产管理 CALEX/Rice 等一系列专家系统^[3]。我国学者利用中科院合肥智能研究所研制的“雄风”系列农业专家系统开发工具,已开发出施肥、栽培管理、园艺生产管理、畜禽水产饲养管理、水利灌溉等专家系统^[3],在全国 20 个省 200 多个县推广应用,效果很好。

2 专家系统在节水农业中的应用

自 70 年代末期美国开始进行农业专家系统的研究至今,在农业领域已建成了许多关于施肥、作物栽培管理、畜禽水产养殖、水利灌溉等方面的专家系统。在节水农业中,灌溉管理起着很重要的作用,这方面专家系统的研究主要有两个方面。

2.1 灌溉用水计划

确定灌溉用水计划需要的几项基本信息有土壤墒情、作物蒸发蒸腾量、地下水情况、水源情况等。要得到这些数据需要根据已获得的气象、土壤等资料,通过繁琐的计算才能获得。如果原始材料不同,则计算方法也不同,且人工操作费时费工、容易出错。而专家系统可根据输入的原始资料自动选择计算方法来预测或预报目标信息,快速确定灌溉用水计划,并且可以随时总结用水情况,需要时间短,准确性高,适合于大型灌区及农场的运作。

专家系统在确定作物蒸发蒸腾量(ET)、灌溉日期、灌溉水量及土壤墒情方面研究较多。Plant 等^[18]利用 CLAXE 专家系统外壳开发的棉花生产管理专家系统,其知识库非常丰富,共用到 15 种方法来确定作物蒸发蒸腾量、灌溉日期及水量,并可以根据外界条件的变化随时调整灌溉计划。Srinivasan 等^[7]开发的 ESIM 灌溉管理专家系统,包括知识的获取、系统规划、任务的实现和评估,有效的利用图表进行解释和分析,根据用户的需求有固定的、调整的、要求的 3 种灌溉制度。Clarke 等^[24]采用粮农组织的 CROPWAT 软件包开发出 CWR-VB 程序来确定灌溉制度,它保留了 CROPWAT 的许多特征,又提供了一系列其他特征量,如产量图、气象资料、ET 值和土壤含水量。这些专家系统在实际应用中收到良好的效果,证明是切实可行的。

2.2 灌溉系统辅助设计

由于各个灌区的地理、气候、土壤条件不同,渠系布置及采用的灌溉方式各异,在同一地区又有不

同的设计方法。专家系统通过丰富的内部知识库,可以解决规划设计中的复杂问题。水利部农田灌溉研究所与合肥智能研究所合作开发了华北地区节水型农业技术体系专家系统(NCWSA),该系统针对华北地区灌溉农业存在的问题,提出了节水型技术体系的总体规划及实施的有关措施^[25]。Srinivasan等^[7]开发了多功能的专家系统,可用于各种情况下的灌溉系统设计和运行。Balcher等^[26]开发了一个评价地下滴灌适宜性的专家系统。石津灌区管理局、石家庄水电设计院、中科院合肥智能研究所合作开发了石津灌区管理专家系统^[9]。应用专家系统进行灌溉系统辅助设计,可以进行渠系优化布置,对灌溉管理提供各种咨询服务,对于情况复杂的灌区很有帮助。

3 专家系统研究中需注意的几个问题

3.1 突出多学科集成

农业是一个多方面的综合体,影响因素繁多,时空差异和变异性大,生产稳定性和可控制性差,易遭受气候、气象、病虫害的侵袭,因此需要在用水管理中考虑这些因素。国外已开始研制跨学科综合专家系统。Perry等^[27]于1990年开发出了关于大豆生长(SOYGRO5.4)和水管理(DRAINMOD3.4)的联合模型系统,用于作物生长、病虫害、经济效益、环境影响的管理和评价,它使用了专家系统外壳来协调模型间的输入输出及迭代模拟。例如DRAINMOD3.4经修正可以接受SOYGRO5.4中的ET值有效根长,并允许控制反馈信息^[19]。Batchelor^[28]于1992年开发的用黑板结构连接灌溉专家系统和病虫害防治专家系统,来确定最经济的作物管理,提出由于作物管理对决策支持系统需求的增加,已开发出机械、营养、灌溉、除草剂、病情诊断、收获、市场等方面的专家系统,有必要将他们综合在一个大的专家系统中,发挥更有效的作用。这种想法正是适应农业生产的

需求提出的,对于专家系统是一个必然的发展方向,也是灌溉管理专家系统研究中应特别注意的问题。

3.2 面向多层次设计

专家系统面对的对象并不都在同一个层次上,文化程度存在较大差异,不同对象要求获取信息的复杂程度不同,则其操作和输出内容复杂程度也不同,因此开发面对不同层次的专家系统也是未来需要解决的一个问题。例如灌溉管理专业人员、农村技术员、农户,以及同一类用户中又存在对计算机技术掌握的程度不同,所以应设计出适应多层次用户需求的专家系统。

3.3 注重多种技术综合运用

目前的专家系统在建模中多是利用简单的数学回归模型,这些模型一般只考虑了部分对问题的影响因素,但在自然事件中任何一个问题都可能受到更多因素的共同作用,如何把多因素考虑到建模中,仅依靠现在常用的方法是达不到要求的。目前人工神经网络、模糊数学、随机模拟等多种技术的研究日趋成熟,将这些技术用于专家系统必然会增加其处理功能。尤其是在解决一些复杂问题时,人类专家也很难准确表达自己的想法,或者很难找出其规律,应用这些技术可以帮助知识工程师解决问题。

进入21世纪,人类将逐步进入知识经济的时代,将愈来愈多地基于信息和知识管理复杂的农业系统。因此通过集成多学科专家的经验、知识,开发具有区域特色的农业专家系统,将是传统农业向现代化农业转变的重要标志,是科教兴农的重大突破。用信息技术来改造传统农业,可以突破我国由于农民科技文化素质低、农村社会化服务体系薄弱的严重制约,解决农业科技成果转化难的问题,极大地推动先进科技成果向现实生产力的转化,促进我国农业现代化的进程和农村经济的全面振兴。

[参考文献]

- [1] 施鸿宝,王秋荷. 专家系统[M]. 西安:西安交通大学出版社,1991.
- [2] 王恩志,鲁歧峰,李文伟. 混凝土施工质量控制专家系统研制[J]. 水利水电技术,1999,(5):41-42.
- [3] 熊范纶. 农业专家系统及其开发工具[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [4] Jones J W. Using expert systems in agricultural models[J]. Agricultural Engineering,1985,66(7):1-3.
- [5] Lemmon H. Comax: an expert system for cotton crop management[J]. Science,1986,233:29-33.
- [6] Plant R E,Horrocks R D,Grime D W, et al. CALEX/Cotton, an integrated expert system application for irrigation scheduling[J]. ASAE, 1992,35(6):1833-1838.
- [7] Srinivasan R,Engel B A,Paudyal G N. Expert system for irrigation management (ESIM)[J]. Agricultural System,1991,(36):297-314.

- [8] Saputro S, Sith D B, Shaw D R. Expert system for agricultural aerial spray drift[J]. ASAE, 1991, 34(3): 764—772.
- [9] 刘晓燕. 回顾与展望——专家系统在我国农业上应用情况概述[J]. 计算机与农业, 1997, (1): 1—3.
- [10] 余 华, 李福超, 崔金梅, 等. 小麦高产技术专家系统的研究[J]. 计算机农业应用, 1996, (1): 1—4.
- [11] 刘 禾, 王懋华. 水果果形判别人工神经网络专家系统的研究[J]. 农业工程学报, 1996, 12(1): 171—176.
- [12] 王爱茹, 刘书华, 曹克强. 基于规则和图形的苹果、梨病虫害诊断及防治专家系统[J]. 河北农业大学学报, 1999, 22(1): 60—62.
- [13] 李道亮, 丁娟娟, 傅泽田, 等. 农业资源高效利用技术集成专家系统的设计[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(2): 14—18.
- [14] 范大路, 叶谦吉, 袁慧君, 等. 生态农业投资项目外部效益评估的专家系统研制[J]. 农业系统科学, 1999, 1.
- [15] 柴 毅, 黄席楠, 石为人, 等. 基于农作物生长特征的作物栽培专家系统[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12(增): 56—60.
- [16] 曹卫星, 李 旭, 罗卫红, 等. 基于生长模型的小麦管理专家系统[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12(增): 30—35.
- [17] 吴鹤龄编译. 专家系统工具 CLIPS 及其应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1991.
- [18] Plant R E. An artificial intelligence based method for scheduling crop management action[J]. Agricultural System, 1989, (31): 127—155.
- [19] Plant R E. An integrated expert decision support system for agricultural management[J]. Agricultural System, 1998, (29): 49—66.
- [20] 顾世祥, 李远华, 崔远华, 等. 灌溉管理应用软件的研究现状及前景[J]. 灌溉排水, 1999, 18(1): 61—64.
- [21] Chaves J, Miguel A M, Eduardo H H. Computer packages for irrigation planning[A]. Six International Conference on Computers in Agricultural[C]. USA: ASAE, 1996. 115—121.
- [22] 吕 民, 蔡经球, 吴顺祥, 等. 关于农业专家咨询系统及其开发平台的若干探讨[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12(增刊): 131—134.
- [23] 蒋文科, 周桂红, 陈丽萍. 通用农业专家系统生成工具[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12(增刊): 186—188.
- [24] Clarke D, El-Askari K M S. Irrigation scheduling—a windows equivalent to the FAO cropWat program[A]. Six International Conference on Computers in Agricultural[C]. USA: ASAE, 1996. 376—382.
- [25] 李应能, 黄修桥, 吴景社. 水资源评价与节水灌溉规划[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.
- [26] Balcher H W, Merva G E. Expert system to evaluate subirrigation site-suitability[J]. Computers and Electronics in Agricultural, 1988, (4): 272—289.
- [27] Perry C D, Thomas D L, Smith M C. Expert system-based coupling of soygro and drainmod[J]. ASAE, 1990, 33(3): 991—997.
- [28] Bachelor. A blackboard approach for resolving conflicting irrigation and insecticide scheduling recommendations[J]. ASAE, 1992, 35(2): 741—747.

Research on expert system and its application in water saving agriculture

WANG Wen'e¹, WANG Zhi-nong¹, MA Xiao-yi¹, ZHOU Jun², MIAO Zhuang²

(1 Institute of Agricultural Soil and Water Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agricultural and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Wulate Irrigation Area Management Bureau in Hetao Irrigation District in Inner Mongolia, Bamen District, Inner Mongolia 014400, China)

Abstract: The paper described the present state of expert system research and its application in water saving agriculture, pointed out that in developing water saving agriculture expert system, it's necessary to develop different expert system to suit user's requirements at different levels, and pay attention to the integration of multidisciplinary knowledge and multi-technology. The research, development and popularization, application of agriculture expert system, is an important marker that the traditional agriculture changed into a modern one, and it is also a significant breakthrough in the process of developing agriculture with the support of education and technology.

Key words: expert system; water saving agriculture; irrigation management