计算机在农业工程中的应用丛书
主　编　郑学坚
副主编　汪懋华

农业专家系统及开发工具

熊范纶　著
汪懋华　审

清华大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是《计算机在农业工程中的应用丛书》之一,也是我国第一部专论农业专家系统的著作。作者是国家有突出贡献的中青年专家,是中国农业专家系统的开创者。1983 年初开始坚韧不拔地从事农业专家系统的研究,所开发的专家系统密切结合我国国情,被国内外专家誉为"中国农业现代化独具特色的创举"。

书中介绍了知识的表示、推理和获取方法,总结了农业领域的知识、技术和农业专家的经验。以通俗的语言指导农民如何使用计算机进行科学种田。为了方便读者学习,书中提供了大量形象、生动的插图和屏幕图。

全书共分 9 章,包括专家系统和开发工具的基本技术、知识表示技术,以及施肥、植保、栽培管理、园艺、畜禽、水产、水利灌溉等专家系统。

本书已被列为中国科协继续教育中心培训用书以及中央广播电视大学农科学历教育专业用书。

读者对象:农业科技与研究人员、各级领导、基层干部和广大农民。

版权所有,翻印必究。
本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

农业专家系统及开发工具/熊范纶著 .—北京:清华大学出版社,1998
(计算机在农业工程中的应用)
ISBN 7-302-03287-4

Ⅰ.农… Ⅱ.熊… Ⅲ.专家系统-应用-农业 Ⅳ.S126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 37538 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)
http://www.tup.tsinghua.edu.cn
印刷者:北京市昌平环球印刷厂
发行者:新华书店总店北京发行所
开 本:787×1092 1/16 印张:12 字数:282 千字
版 次:1999 年 2 月第 1 版 1999 年 2 月第 1 次印刷
书 号:ISBN 7-302-03287-4/S·12
印 数:0001～6000
定 价:15.00 元

计算机在农业工程中的应用丛书

主　编　郑学坚　清华大学教授
　　中国农业工程学会名誉理事
副主编　汪懋华　中国工程院院士
　　中国农业大学教授
　　中国农业工程学会常务理事

序

郑学坚　汪懋华

计算机科学及技术作为一门实用性很强的应用技术在我国农业领域的应用逐渐受到重视，尤其在农业工程方面，已被当作工程研究设计及生产的必要手段。中国农业工程学会在 1985 年成立了电子技术与计算机应用专业委员会就是在此背景下卓有远见的创举。自该专业委员会成立以来，在中国农业工程界中召开了多次学术研讨会，为农业工程技术人员提供了计算机应用研究的学术交流机会，发现了一批农业工程技术领域颇具推广价值的计算机应用技术及相关的专门人才，他们在农业工程中的某些方面应用计算机取得了相当的成果，在实践中总结了丰富的经验。

我们是中国农业工程学会的名誉理事和常务理事，又是电子技术与计算机应用专业委员会的创办人，对中国农业工程领域计算机应用的过去、现状都有过相当的关心和认识，对中国农业工程界的工程技术人员在应用计算机作为研究、处理、设计及生产中的手段也曾潜心观察和总结。

经过长期研究和讨论，电子技术与计算机应用专业委员会认为，目前中国的大、中专院校都已广泛设有“微型计算机原理及应用”必修课程。也就是说，凡是具有中专以上正规院校毕业的工程技术人员，都已具有接受计算机应用技术的基本知识。在农业工程界，也有相当部分中专以上文化水平的工程技术人员会使用微型计算机以解决各自面临的问题。这为中国农业工程学会的电子技术与计算机应用专业委员会提出了宣传、组织、推广计算机在农业及农业工程领域中应用的任务。经过各方接触讨论，认为出版在农业工程的若干方面应用计算机有所成就的专家著作，用以指导农业工程技术人员去实践计算机在农业工程中的应用，是当前最有效、最可行的方法。

农业工程学会电子技术与计算机应用专业委员会的上述设想得到了清华大学出版社的响应和支持，清华大学出版社决定组织出版《计算机在农业工程中的应用丛书》。我们相信，在出版计算机和其它科技图书方面具有丰富经验的清华大学出版社一定会把一套高质量的丛书奉献给中国农业。

本丛书包括农业专家系统及开发工具，农机计算机辅助分析和设计，遥感技术，多媒体技术和计算机图像处理技术在农业工程中的应用，以及计算机在农业生物环境监测与控制、农业水土工程和农机化管理中的应用等方面的图书。

编辑出版本丛书的宗旨是为计算机在农业工程中的应用经验进行总结。将这些应用经验推广普及到各个技术分支，从而对中国的农业起到促进的作用。丛书的服务对象是：凡具有中等专科以上文化水平、曾经在校学过或自修过“微型计算机原理及应用”课程的技术人员。他们应该可以看懂，并学会运用本丛书中的相关内容。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

农业专家系统是把人工智能的专家系统技术应用于农业领域的一项高新技术,目前,正在成为我国农业信息技术应用发展的热点,国家科技部(即原国家科委)明确提出:以农业专家系统为突破口,发展我国农业信息技术。这一方面反映了国际上这项技术迅速发展对我国产生的影响,另一方面是我们多年来结合中国国情,逐步走出一条适合我国发展道路的结果。也可以说,它是符合我国国情的精确农业技术。农业专家系统对推动我国农业发展和促进农业现代化的作用显著,同时也适应了运用信息技术服务于国民经济这一大的发展趋势,因此,受到各方面的欢迎。

我们广大农村文化落后,土地分散,农民科学种田的水平较低。我国农业专家和技术人员奇缺,先进的农业生产技术很难深入农村。我国广大农业科技工作者,辛勤工作,取得了许多成功的研究成果,积累了大量宝贵的经验,农业专家系统为广大的基层农业技术人员、干部以及农民掌握和应用这些成果和经验,提供了一个十分有效的先进手段。它来自专家,又高于专家,可以代替专家群体深入农村,进入农家。它将促进我国农业技术推广体制发生重大的变革,对我国农村科技普及产生重大的影响。

计算机应用于农村,在我国正逐步成为现实,农业专家系统广泛应用于农村,已成为各地迫切的要求。目前,国家和农业部门十分重视这一先进技术的推广应用。各地不断来信来人,希望引进这一新技术,要求有一个完整的资料。为了使各级领导、农业技术人员、农技推广人员以及广大农民和基层干部能早日掌握这一技术,作者把这本通俗易懂的著作奉献给读者。本书也可以作为农业大专院校与科研部门的参考书。

本书是系统介绍作者和助手们自 1983 年以来所取得的有关农业专家系统的部分研究成果,通过此书读者对农业专家系统技术会有一个较完整具体的了解,并可直接购置有关软件工具和系统,可利用工具建造自己的系统,投入实际使用。

本书共分 9 章,第 1 章简介农业信息技术和农业专家系统及其国内外发展概况,重点介绍作者和助手们研制开发的农业专家系统的应用概况;第 2 章概述农业专家系统的基本技术原理、系统结构和专家系统的建造;第 3 章阐述作者和助手们提出的适用于农业专家系统的一系列知识表示技术;第 4 章至第 7 章分别阐述作者和助手们多年来研制建造的施肥、植保、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;第 8 章概述作者和助手们研制开发的农业专家系统开发工具和使用方法;第 9 章讨论农业专家系统在我国应用中存在的问题和发展前景。

本书适用于农业领域广大的研究、技术和管理人员以及领导干部阅读,也适用于其它行业从事专家系统研究开发的研究技术人员参阅。本书已被选为中国科协继续教育中心培训用书以及中央广播电视大学农科学历教育专业用书。

这里,我想利用这一机会,衷心感谢国家科委、国家自然科学基金委、国家计委、中科院、农业部、电子部、安徽省科委和 863 智能计算机系统主题专家组等,在他们的大力支持

下,使我们的课题得以立项,能有较好的条件进行研究;衷心感谢过去和现在大力支持我的各级领导和许许多多的师长、前辈与同行们,没有他们的大力支持和鼓励,我个人是难以坚持下来的;这里我也要感谢我的助手和同学们,没有他们的辛勤劳动,我的许多思想很难变成现实,他们的劳动和心血也渗透在本书的各个章节中,在书稿整理中,乔克智、胡海瀛等做了大量细致的工作;并衷心感谢与我们合作的许多农业科研部门、大专院校和各地农业管理部门的技术人员,以及我曾到过的农村所结识的广大基层干部、技术人员和农民兄弟,是他们让我了解农业,了解中国农村和他们的要求,从中产生了许多适合我国国情的创造性思路;当然也要感谢我的家庭,是他们使我能全身心地投入这项事业。

熊范纶

1998 年 6 月于合肥

目　　录

第 1 章　概述 …… 1
1.1　农业信息技术 …… 1
1.2　农业专家系统 …… 4
1.2.1　国际发展概况 …… 4
1.2.2　我国发展概况 …… 5
1.2.3　作者研究成果概述 …… 6
参考文献 …… 10

第 2 章　专家系统基本技术 …… 12
2.1　人工智能与专家系统 …… 12
2.2　简例入门 …… 13
2.3　专家系统基本原理 …… 19
2.4　专家系统基本结构 …… 21
2.5　知识表示技术 …… 22
2.6　推理策略 …… 23
2.7　知识获取 …… 25
2.8　专家系统开发工具 …… 30
参考文献 …… 33

第 3 章　知识表示技术 …… 34
3.1　“规则架+ 规则体”规则组知识表示策略 …… 34
3.2　综合知识体 …… 37
3.3　基于面向对象的综合知识体 …… 41
参考文献 …… 43

第 4 章　施肥专家系统 …… 44
4.1　概述 …… 44
4.2　砂姜黑土小麦施肥专家系统 …… 44
4.2.1　领域知识分析 …… 45
4.2.2　系统功能与特点 …… 46
4.2.3　系统结构 …… 48
4.2.4　知识获取与推理方式 …… 50
4.2.5　验证与应用概况 …… 52

4.3 计算机施肥专家系统 …… 53
4.3.1 综合施肥专家系统 …… 54
4.3.2 各种施肥专家系统版本 …… 55
4.4 北方水稻推荐施肥专家咨询系统 …… 55
4.4.1 施肥问题分析 …… 56
4.4.2 系统结构 …… 58
4.4.3 功能与特点 …… 58
4.4.4 验证与应用概况 …… 59
4.5 河北省廊坊市小麦施肥与栽培管理专家系统 …… 59
4.5.1 施肥推荐 …… 59
4.5.2 栽培管理 …… 63
参考文献 …… 70

第5章 植保专家系统 …… 72
5.1 病虫草害诊治专家系统 …… 72
5.1.1 安徽水稻病虫草害诊治专家系统 …… 72
5.1.2 安徽棉花病虫草害诊治专家系统 …… 74
5.2 病虫害诊治神经网络系统 …… 80
5.2.1 BP 网虫害诊断系统 …… 81
5.2.2 IAC 网虫害诊断系统 …… 82
5.3 基于案例推理的病虫害预报系统 …… 86
参考文献 …… 88

第6章 栽培管理专家系统 …… 90
6.1 基于 DOS 的栽培管理专家系统 …… 90
6.2 基于 Windows 和 DOS 的栽培管理专家系统 …… 92
6.3 安徽水稻栽培管理专家系统 …… 98
6.4 黑龙江绥化市水稻栽培管理专家系统 …… 109
6.5 安徽江淮地区棉花生产管理专家系统 …… 114
6.6 安徽江淮地区油菜栽培管理专家系统 …… 125
参考文献 …… 127

第7章 园艺、畜禽水产、水利灌溉等专家系统 …… 128
7.1 廊坊市苹果树生产管理专家系统 …… 128
7.2 芒果栽培防腐保鲜专家系统 …… 135
7.3 鱼病防治专家系统 …… 137
7.4 灌区管理专家系统 …… 139
参考文献 …… 139

第 8 章　专家系统开发工具 …… 140
8.1　开发工具基本使用方法 …… 141
8.2　雄风 2.1 …… 151
8.3　雄风 3.0 …… 158
8.4　雄风 3.1 与雄风 3.2 …… 166
参考文献 …… 173

第 9 章　农业专家系统在我国的发展前景 …… 174
9.1　我国农业信息技术应用存在的问题 …… 174
9.2　农业专家系统对我国农业发展的重要作用 …… 176
9.3　我国农业信息技术的发展模式 …… 177
参考文献 …… 180

第 1 章　概　　述

当今社会正迅速步入信息化社会。有人预言 21 世纪将是信息世纪,信息对人类社会文明与进步正在日益发挥着越来越巨大的作用。国民经济信息化程度已成为先进国家现代化的重要标志之一。

随着计算机应用的普及和通信技术的发展,尤其是近几年来信息高速公路的突起与普遍应用,正在给各行各业带来重大变革,并影响到整个社会生活。信息技术对工业、军事、金融、商业、行政管理等方面所起的作用已成为人们所关注的焦点。同样,信息技术在农业方面的应用在国际上也正在掀起热潮,它将对农业的发展和现代化产生重大的影响。

以专家系统为代表的智能化系统在农业信息技术中占有重要地位。根据我国国情,农业专家系统在指导农民科学种田,实现优质、高产、高效,提高广大农民和基层农业技术人员的科学技术水平,发展可持续农业等方面,将发挥显著作用,对我国农业现代化将做出重要贡献。

1.1　农业信息技术

我们先回忆一下计算机和信息技术应用于农业的发展历程。

在本世纪 60 至 70 年代中期,计算机在农业方面应用主要是进行科学计算与数据处理;70 年代后期至 80 年代着重于进行信息的采集,建造数据库和模型等;80 至 90 年代是以智能技术、遥感技术、图像处理技术和决策支持系统技术等进行信息和知识的处理,对农业生产进行科学管理。近年来,发达国家的农业已进入全面采用电子信息技术以及各种高新技术的综合集成,取得了重大突破,大大提高了农业生产的效率,促进了农业生产和管理的科学化、现代化。

由于超大规模集成电路在密度和速度方面的飞速发展,近年来计算机的更新换代惊人地加快,价格不断下跌。各种微机已经走进办公室,进入家庭。90 年代初网络技术的广泛应用和声图文并茂的多媒体技术的发展,给计算机应用带来又一次革命。同样,它也直接影响到农业部门,给农业的发展和现代化带来巨大的变革。

目前国际上把信息技术与农业的结合称之为农业信息技术(agricultural information technology, AIT),也可称之为信息农业。它是高新技术应用于农业的一个重要发展方向。农业信息技术与农业生物技术是 21 世纪高新技术应用于农业的两大关键技术。

下面介绍国外农业信息技术的应用概况。国外农业信息技术应用大致有以下几个方面:

(1) 计算机普遍应用于农庄管理

在北美、欧洲、日本,农庄已普遍装备计算机,用于行政和生产管理。

1991 年美国一个区域研究委员会 NC-191 曾对 13 个州做过调查。后来两个农业杂

需要全本请访问 www.ertongbook.com

志又作了调查,一个是DHM(Dairy Herd Management)在1994年进行的调查,一个是SF(Successful Farming)在1995年所作的调查。尽管这三方面调查的对象有所不同,但足以反映美国农庄应用计算机的概貌。

作物农庄有计算机的比例	1991年26.7%(NC-191)	1995年41.6%(SF)
牛奶场有计算机的比例	1991年25%(NC-191)	1994年46.8%(DHM)
装有调制解调器的比例	1991年28%(NC-191)	1995年33.3%(SF)
装备光盘的比例		1995年33.3%(SF)

计算机的应用与农场主的年龄、受教育的水平,以及农场的规模有关:① 年轻农场主70%装备了计算机。小于40岁的农场主的微机拥有数量是50岁以上农场主的两倍;② 大学水平的农场主是高中毕业农场主拥有量的3倍;③ 销售总额50万美元以上的农场中,2/3有计算机,而10万美元以下的农场只有18%。以上数字是1995年以前调查的结果,这几年由于计算机和通信技术的快速普及,实际状况已远远超过这些数字。

作者于1996年7月曾对美国加利福尼亚州和荷兰的几个农场进行过实地考察。总的印象是:计算机应用十分普遍,已成为农庄生产和经营管理的重要工具。例如美国尤罗(Yolo)县的一个经营7000hm^2(公顷)蔬菜生产的农场,农场主托尼·图尔柯维奇,40岁左右,是加州理工学院农业工程系毕业,在南加州理工大学获管理科学硕士学位。农庄办公室只有农场主、秘书和两个农业技术人员,共4个人。每人配备1台计算机,农场主配备的是便携式微机,随时利用调制解调器与气象站、下属分场、县农业技术推广站、市场信息中心等传递电子邮件,获得各种报表数据和信息;秘书的586微机主要进行全农庄的行政管理,例如文件管理、工资发放、各种报表统计等;两位农业技术人员各有1台586微机,配备有各种农业技术、生产管理等方面的软件,包括专家系统、决策支持系统、信息管理咨询系统等,用于分析、诊断、决策。在另一个生产水稻的农场,农场办公室只有农场主和秘书两个人,每人1台586高档微机,配备软件与上述相似,其中包括加州大学戴维斯分校研制的CALEX/RICE水稻生产管理专家系统。

(2) 信息管理系统应用相当普及

主要应用于以下几个方面:

1) 财务会计、业务分析、计划管理和税务

在有计算机的农户中,70%～80%具有这类业务。由于美国、欧洲的农场多是商业性的,拥有几万亩土地,工厂化生产,财务计算分析很重要。这些软件多是市场上通用型的,比起农业专用软件,它们的价格相当低,应用很普及。

2) 畜牧和作物生产跟踪记录

例如,畜牧方面有牲畜跟踪记录、饲料库存的数据库,有配料平衡、淘汰判定、后备畜选择等模型库;作物生产方面,有田块的跟踪信息,尤其是肥料和农药的施用,所播品种和收获产量等数据库,有推荐肥料、选择品种、诊断病虫害等方面的模型库。

(3) 专家系统用于生产管理

这将在下节专门叙述。

(4) 精确农业成为当前热点

目前在发达国家对精确农业(precision agriculture,又称precision farming)正引起浓

厚兴趣,尤其是北美、欧洲、澳大利亚进行的定位作物管理(site-specific crop management, SSCM)技术。随着低价和精确的全球定位系统(GPS)的应用,使SSCM潜力大为增强。GPS易于将田间信息(产量实时测量、土壤取样、病虫害程度等)进行定位。利用这些信息来控制肥料、种子、农药、石灰等施用量,利用产量监测和产量图制作来评估作物生产中各种管理措施(如品种选择、播量、病虫害控制措施、耕作制度等)的有效性等。

精确农业采用遥感技术(RS)、地理信息系统技术(GIS)和全球定位系统技术(GPS),又称为3S技术。实际上还应运用专家系统或智能系统技术(ES或IS)帮助分析决策,因此应该是4S技术。

(5) 信息高速公路正在伸向农村

这在发达国家发展十分迅速。通过电子网络技术,利用因特网(Internet),农场主在办公室或家庭,可以随时查询有关农业生产和市场的各种信息;政府和管理部门可随时根据全球或区域性的各种动态信息进行计划、预测和宏观决策。政府部门(如美国农业部)和许多农业公司通过万维网(WWW)提供有关它们的产品和市场方面的信息。许多个人也有他们自己的网页(homepages)。

目前国际上应用于农业的WWW网服务器为数不少,例如欧洲1995年统计,正在利用的农业网服务器就有:

欧洲信息技术网EUNITA　　欧洲粒子物理实验室网CERN

德国农业信息网DAINet　　交互气象信息网IWIN

丹麦作物生产信息网PlantInfo　　美国国家气象服务台西南农业气象服务中心网

美国加利福尼亚大学全国综合病虫害管理项目网UC IPM

(6) 卫星数据传输系统

在美国,卫星数据传输系统已广泛被农业生产者应用。据介绍,有两个主要系统:AgDaily(Data Transmission Network Corporation公司)和FarmDayta(Broadcast Partners公司)。从用户来说,这两个系统是被动式的数据获取系统,数据从卫星连续不断地向租用的数据终端播送,并自动存储在数据终端。它们按各种题目提供当前数据和信息。这些数据信息的数量和类型取决于所购买的项目。基本子系统提供最新的市场价格、新闻和气象图(例如降雨、径流、恶劣气候、作物土壤含水指数、土壤温度、气温等)。美国农业部报告市场开发、长短期天气预报、有关农业的政策和产品信息等。这两个系统在几个州还专门用几个屏幕向农业大学提供针对该州的信息。到1995年7月1日,这两个系统已有11万农业用户,并继续在增长。两个系统中最大的AgDaily,其用户占据全美主要农产品(玉米、小麦、大豆、棉花、高粱)种植面积的1/3,养牛养猪户的1/2。如果FarmDayta用户和AgDaily相仿,则使用这两个系统的用户占据全美生产主要农产品的几乎一半的农户和饲养牛、猪3/4的农户。

(7) 园艺设施农业的智能化自动化

欧洲共同体和日本等十分重视蔬菜、瓜果、花卉生产的自动化与智能化,即园艺设施农业生产的工厂化,又称之为植物工厂或农业工业。

目前,农业信息技术越来越受到世界各国的高度重视,欧洲共同体已将信息与通信技术应用于农业列为它的重点发展规划,将专家系统、决策支持系统、图像处理、模式识别、

地理信息系统、数据库、机器人等技术应用于农业生产。韩国制定了发展农业信息技术的10年计划，菲律宾、印度、埃及、巴西、伊朗等许多发展中国家均很重视信息技术在农业上的应用。

目前有不少重点讨论农业信息技术应用的国际性会议，例如：在荷兰瓦根宁根举行的第六届计算机技术应用于农业国际学术会议，会议主题就是“信息与通信技术应用于农业”。1992年8月由作者参与发起和主持召开的国际自动控制联合会(IFAC)农业专家系统学术会议在我国黄山召开。该会已成为国际系列会议，每三年召开一次，第二届1995年5月在荷兰瓦根宁根召开，第三届于1998年4月在日本千叶召开。另一个计算机应用于农业的国际学术会议，自1986年每两年在美国召开一次，已召开6届。在国际自动控制联合会中有一个农业自动化智能控制技术委员会(笔者是其副主席)，每年均有二三次有关农业信息技术、农业智能化和农业自动化的国际学术会议举行。

近年来我国对农业信息技术十分重视，多次召开学术会议和研讨会来讨论如何结合中国国情，迅速发展这项新技术，这将在以后的章节中加以叙述。

1.2 农业专家系统

农业专家系统，也可以叫作农业智能系统，是农业信息技术中的一项重要技术。它是运用人工智能的专家系统技术，结合农业特点发展起来的一门高新技术。

1.2.1 国际发展概况

国际上农业专家系统的研究是在70年代末期开始的，以美国最早。也许是受了专家系统最初应用于医疗诊断的启迪，当时开发的系统主要是面向农作物的病虫害诊断。例如，1978年美国伊利诺斯大学开发的大豆病虫害诊断专家系统PLANT/ds，1982年开发的玉米螟虫虫害预测专家系统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，当时并未受到人们普遍重视。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，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、中国、日本和欧洲国家最为突出。

政府部门对农业专家系统较早重视的国家要算日本。日本农林水产省1984年专门组织了“知识工程技术应用于产业界预测调查”委员会，集中了全国70名专家调研分析，写出详细报告，以其中一部分于1986年出了一本书——《人工智能与农业：精农技术与尖端技术的融合》，并提出了全面实施计划。反映出日本政府对这门高技术在农业上的作用所给予的高度重视。这些年来虽然没有完全实现那个宏伟的规划，但已取得了不少成绩。出现了若干农业专家系统，例如东京大学的西红柿栽培管理专家咨询系统、培养液管理专家系统；千叶大学利用原MICCS工具开发了茄子等好几个作物的病害诊断专家系统、花卉栽培管理支持系统、庭院景观评价系统；农业研究中心利用开发工具KEE、ESHELL、创玄等开发了耕作方式计划支持系统、大豆栽培作业规划管理系统、拖拉机选用决策支持系统、联合收割机故障诊断系统等。近些年来又将专家系统应用于蔬菜温室、牛奶生产等

农业工业,或称为“植物工厂”中。以上这些专家系统不少已投入实际应用,如放在农民协会、普及所供农户咨询,取得了良好效果。近年来又将信息网络与专家系统结合,应用于农业生产管理。

美国农业专家系统这些年发展迅速,不论在广度和深度方面均有了较大进展。COMAX/GOSSYM是美国最为成功的一个农业专家系统,由美国农业部和全国棉花委员会于1986年10月研制成功,用于向棉花种植者推荐棉田管理措施。它是一个基于模型的专家系统,有一个模拟棉花生长发育过程和水分营养在土壤中传递过程的模型GOSSYM。它给出施肥、灌溉的日程表和落叶剂的合理施用,给出棉花生产最佳管理方案,已在密西西比河三角洲和南卡罗林纳海滨等棉产区应用。这些地区在棉花收获时节正当雨季,准确告知棉花成熟日期,使农户在雨季到来之前收获完毕,以获得最高的产量。1988年在美国主要植棉州使用这一系统,获得了相当成功。近年来COMAX又做了进一步的改进。加里福尼亚大学戴维斯分校研制的CALEX系统,是又一个著名的例子。它开始也是应用于棉花的生产管理,已在加州的450个农场应用,称为CALEX/COTTON,已应用于加州的圣·乔亚齐因流域棉区。后又建造了CALEX/PEACHES用于桃树园林管理,它是专用于农业生产管理的专家系统工具软件。近年来,又建造了CALEX/RICE,用于水稻生产管理。它可以通过因特网从气象数据库和加州的农药数据库检索数据。在美国,许多农业专家系统的开发多是利用商用的工具如LEVEL5,VP-EXPERT,INSIGHT等。还有一些是专用的工具,例如CALEX就是专用于作物管理的开发环境,还有SELECT,PALMS等。

1992年8月黄山农业专家系统国际会议上来自六大洲14个国家的代表,介绍了各国众多的农业专家系统,例如美国农业部农业研究中心的COMAX系统改进版(最近又有新版本Cottondus推出),哥伦比亚大学的梯田专家系统,日本的温室控制专家系统,英国ESPRIT支持下的水果保鲜系统,德国的草地管理专家决策支持系统,埃及农垦部支持的黄瓜栽培与柑橘栽培两个作物生产管理专家系统,巴西维考沙联邦大学开发的小型牛奶场管理知识基决策支持系统等。

1996年6月在荷兰瓦根宁根举行的国际计算机技术应用于农业学术会议上,西班牙学者奥塞林在大会上对农业专家系统做了一个综述报告,列举目前国际上农业专家系统有近百个,广泛应用于作物生产管理、灌溉、施肥、品种选择、病虫害控制、温室管理、牛奶生产管理、牲畜环境控制、土壤保持、食品加工、粮食储存、环境污染控制、森林火灾控制、经济分析、财务分析、市场分析、农业机械选择、农业机械故障检测等众多方面,几乎无所不包。许多系统已经得到应用,一部分已成为商品进入市场。用户是农民、农技人员和农业顾问。

1.2.2 我国发展概况

我国农业专家系统的研究,早在80年代初期就已开始,是国际上开展此领域的研究与应用比较早的国家。在国家“八六三”计划、国家自然科学基金、国家科技攻关的资助与中科院、农业部、机电部和各地政府的支持下,许多科研院所、高等院校和各地有关部门开展了各种农业专家系统的研究、开发以及推广应用,取得了可喜的成就。例如:1983年,

中国科学院合肥智能机械研究所本书作者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应用，开创了农业专家系统在我国的应用与发展。80年代初，浙江大学也曾进行过蚕育种专家系统的研究。在七五期间，由本作者牵头承担了国家七五科技攻关专家系统与开发工具中农业专家系统项目，其中有中科院合肥智能机械研究所本课题组的施肥专家系统、中国农业科学院作物研究所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等课题。经5年攻关，取得了可喜成绩。这期间，各地高校、研究所也相继开发了不少农业专家系统。例如，河北省农业厅与廊坊市农林局应用GURU工具开发的冀北小麦专家系统，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预测专家系统和农作制度专家系统，中国农业科学院畜牧研究所的畜禽饲料配方专家系统，中国农业科学院农业气象研究所的玉米低温冷害防御专家系统，南京农业大学和安徽省农业科学院的水稻害虫管理和稻纵卷叶螟管理专家系统，安徽省计算中心和安徽农学院合作的水稻病虫害专家系统，等等。研制农业专家系统开始在我国出现了一个十分喜人的热潮。

在90年代，我国农业专家系统又有了新的发展。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与开发，不论在广度和深度方面均有了很大的进展。本作者课题组承担的国家八六三智能计算机主题的智能化农业应用系统和国家自然科学基金支持的农业知识工程应用基础研究，进一步将智能技术综合集成应用于农业领域，取得了若干重要的研究成果，具体将在下节叙述。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应用于饲料配方，河北农业大学等应用面向对象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，取得了可喜进展。近年来，随着信息技术的飞速发展，农业信息技术正受到国家有关部门以及各省领导的重视。“智能化农业信息技术应用示范工程”已被列为国家“八六三”重点项目，国家科委、国家自然科学基金委、农业部和许多省都安排了相应的攻关研究课题。中国工程院召开了“农业信息工程发展战略研讨会”，香山科学会议也以“植物生理生态过程模拟与信息农业”为题进行了深入有益的研讨。可以预料，一个以农业专家系统为重要手段的智能化农业信息技术将在我国迅速发展，并将成为我国21世纪农业现代化的重要内容。

1.2.3 作者研究成果概述

作者80年代初去美国学习机器人，专攻学科是人工智能、模式识别、图像处理。1983年初回国后，经认真调研，分析中国国情，使我认识到中国是一个农业大国，农业占有十分重要的地位，但我国广大农业专家的先进知识和技术要直接而广泛地用来指导生产，被广大农民接受，还是个薄弱环节，应该把智能技术应用于农业，研制这种专家系统很有意义。

当时国外这方面研究工作未曾见有报道,感到难度很大。十分难得的是几位国内外著名学者和有识之士,对我的想法十分赞赏,鼓励我去探索。因此我放弃了研究机器人的意愿,选择了将专家系统应用于中国最基础的领域——农业这个方向。

1983 年我与安徽省农科院土壤肥料研究所土壤肥料专家吴文荣合作,以后硕士研究生郭霖参加,作为自选课题,于 1985 年研制成功砂姜黑土小麦施肥专家系统,被安徽省科委发现,通过省级鉴定,评价为国内首创,国外未见报导,在国际上有创造性特色,是把科学技术直接变成生产力的一个范例。并在淮北平原 10 多个县推广应用 3 年。这期间我与助手们一道通过携带计算机下农村,深入农家,在县城、乡村广泛宣传,试验示范,产生了显著的效果。在那里,我看到了我国农村的现状,农民的需求,农业专家系统对中国农业发展、对改善农民生活的远大意义,坚定了我为农业专家系统在我国的发展坚持下去的决心。这项成果 1988 年获国家级科技进步奖二等奖。

在七五国家科技攻关项目——计算机施肥专家系统的研究中,根据各地的要求,试探着将专家系统技术用来解决我国施肥的普遍性问题。经过 5 年攻关,共建造了 13 种作物 23 个施肥专家系统,应用于小麦、水稻、棉花、玉米、油菜、烟草、甘蔗、茶叶、大白菜、柑橘等多种作物的施肥推荐,并扩大应用范围,例如增加植保、栽培功能,以及开发猪鸡饲养管理专家系统。根据农业领域的特点,提出"规则架+规则体"规则组知识表示策略,并和硕士研究生周金铭研制面向施肥领域的专家系统开发工具,后又提出并研制智能引导型工具,应用人工神经元网络技术进行自动知识获取等。1990 年 10 月通过机械电子工业部与中国科学院组织的联合鉴定,评价为"国内外首创,具有 80 年代后期国际先进水平","研究成果已在全国 15 省的 70 多个县两千多万亩土地上推广应用,指导科学种田,增产节约,取得了十分重大的经济、社会和生态效益,显示了"科技兴农"的威力,是将科学技术应用于国民经济,特别是农业方面的一个典范,将对我国农业现代化具有深远影响,是一个创举"。本课题组还研制了专用于施肥专家系统和农业专家系统的开发工具雄风 1.0、雄风 2.0、雄风 2.1、雄风 3.0、雄风 3.1 等,并在各地推广应用,使各地农业研究与技术人员可以直接开发各种农业专家系统,为农业专家系统的大规模普及推广提供了重要手段。这项成果被表彰为国家七五科技攻关重大成果,先后列为八五和九五期间国家级科技成果重点推广项目。1996 年获国家级科技进步三等奖。

八五期间,得到国家科委和"八六三"计划的大力支持,使我们的研究工作有了更大的发展。承担的三轮"智能化农业应用系统"课题,将专家系统的功能技术由施肥推荐,扩大应用到包括播前准备、播种、出苗至成熟整个生育阶段全过程,包括施肥、灌溉、病虫草害综合防治、生长调节、田间管理等各项主要农事;将农业科学知识包括专家经验、数学模型、数据信息、实例等进行有机集成;在原有知识表示技术基础上又发展为综合知识体、基于面向对象的综合知识体等新型知识表示策略;研制了具有功能较强的新型专家系统开发工具;并利用神经网络、向实例学习、基于案例推理、遗传算法、面向对象等技术,与知识基系统进行有机集成,在自动知识获取技术方面进行了有效研究,并付诸应用。在由国家科委委托安徽省科委组织的鉴定会上被评价为:"具有当前国际先进水平,在综合知识体表示策略,运用引导启发机制获取知识以及将人工神经元网络应用于农业等方面具有创新性,某些研究成果居国际前沿"。

需要全本请访问 www.ertongbook.com