

中国科学院“九五”重大科研项目

农业专家决策支撑系统

中国科学院地理科学与资源研究所
“农业专家决策支撑系统”课题组

梁启章等 编著



中国科学技术出版社

中国科学院“九五”重大科研项目

农业专家决策支撑系统

中国科学院地理科学与资源研究所
“农业专家决策支撑系统”课题组

梁启章等 编著

中国科学技术出版社
·北 京·

图书在版编目(CIP)数据

农业专家决策支撑系统/梁启章等编著. —北京:中国科学技术出版社,2000.12

ISBN 7-5046-2975-8

I. 农… II. 梁… III. 农业经济-专家系统:决策支持系统 IV. F302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 58978 号

中国科学技术出版社出版

北京海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

*

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张: 10 字数: 250 千字

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 35.00 元

内 容 简 介

本书主要总结“农业专家决策支撑系统”研制的原理与方法。这类系统的设计目标主要是帮助基层领导提出农业结构的优化方案,提出农林牧渔与农产品加工业的协调发展战略,并在结构优化基础上制定农业年度生产计划和长远发展规划,提高农业开发投资和农业布局决策的科学水平,进行农业资源合理配置和空间管理以及农业、农村经济信息动态分析,提供数据库的共享服务和概况演示查询服务等,以促进提高基层农村与农业可持续发展重大决策的科学水平和信息管理现代化。开发这类系统的关键技术包括:基于预测模型的农业发展规划/计划的计算机模拟方法,农业结构优化多标准评价模型,农业投资决策评估模型,农业专家知识获取和知识库建立方法,农业运输和仓储系统分析和发展战略决策方法,决策支持系统和专家系统的用户界面设计中的对弈策略与可视化技术,农业资源与环境信息管理中的 GIS 应用技术,数据库共享服务与农村经济发展动态分析中的统计分析与制表和地图制作、报表联合应用技术,综合性系统的集成技术等。书中还介绍了云南省蒙自县等 4 个实用系统,并进一步分析了“农业专家决策支撑系统”的推广应用前景和措施。本书可供农村基层干部、农业决策和决策支持系统开发人员、与农业信息有关的科技管理干部及有关科研工作者、高校师生参考。

前 言

进入 20 世纪 90 年代后,知识与信息作为一种资源,它们的生产、传播与应用对社会发展的作用越来越重要,世界已经迎来了知识经济时代,各国纷纷提出了信息产业发展战略,力争在未来的社会经济中处于有利的地位。我国是一个农业大国,90%的国土面积在农村,农业作为我国国民经济的基础,不仅提供食品,还提供 40%的工业原料,直接影响 1/4 以上的工业总产值的形成。总之,中国农业的发展状况既关系经济繁荣,也关系国家的安定稳定。人口增长将导致食品需求的增加;工业化使中国的经济高速发展,同时也给中国的农业活动带来了负面影响;城市扩大将侵占农作物用地,近年来中国每年失去 1%的农田,农业问题更突出地摆在我们的面前。国际上有人提出“谁将养活中国(参见附件 A)?”在刚刚迈入 21 世纪的今天,解决中国农业问题的一条重要途径就是走信息农业的道路,发展农业知识创新体系已经列为国家发展目标和农业新技术革命的重要内容。

信息农业以信息与知识为基础、高新技术为动力,控制和促进农业生产、加工、销售、服务、管理与决策等多环节的协调发展,从而大大提高了农业的综合生产力和经营管理效率。中国农业向市场经济体制转轨及其未来的发展将进一步加剧农业信息的供需矛盾,信息化将成为中国农业发展的必然选择,发展农业信息技术系统是新的农业科技革命中的关键内容之一,也是 21 世纪发展可持续农业的农业科技创新内容之一。目前我国基层农村的管理与决策还处在依靠经验的水平上,对信息农业的理解与实施还处于观望等待阶段,建立一般的管理信息系统不能适应基层领导的实际情况、满足他们渴望使用信息技术的要求。中国科学院农业项目办公室在“八五”与“九五”期间先后组织了“黄淮海平原农业综合开发决策支撑系统”与“农业专家决策支撑系统”的研究与推广工作,同时签订了中美农业科技合作研究协议,围绕本课题组织中美学者互访与学术交流,1995 年 12 月至 1996 年 5 月先后拜访了美国俄亥俄州立大学农学院、环境学院、商学院和制图中心的近 50 位教授,双方共同讨论并起草了关于开展“中国的粮食自给农业专家决策支持系统”合作研究报告,组织了研究项目的联合申请和合作研究工作,其目的是为了促进农业信息技术的广泛应用,并要求推出能够为基层领导接受的计算机系统,保证这些系统能够帮助他们更好地利用当地现有的资源、经验和技术,促进他们在管理与决策水平上有所突破。该项课题在“八五”成果(其鉴定委员会认为“本成果指导思想明确,基础扎实,系统实用性强,性能良好,

技术路线可行,所提报告具有较强的科学性和实用价值,为有关决策部门指导农业生产提供了科学依据。该成果达到同类研究的国际先进水平。建议该系统进一步深化完善和推广应用”)的基础上又经过5年研究与应用推广工作的实践,初步形成了具有推广价值的“农业专家决策支撑系统”,在云南省蒙自县、新疆维吾尔自治区新和县、内蒙古多伦县以及贵州省六盘水市等6个具有不同区域特点市(县)进行了推广工作,所建立的应用系统取得了较为满意的效果与经验(1999年12月28日云南省科委组织验收“蒙自县农业管理决策支撑系统”的意见为:系统设计符合实际需要,管理与决策并重;采用成熟技术与方法,界面友好,操作简便;对弈策略体现决策人员使用系统过程中的主导地位;综合性农业数据库提供切合实际的决策支撑;生产管理专家咨询具有完整知识库;系统用于1998年总结与1999年计划,初步应用效果良好,实现了预期目标;系统对蒙自县的管理决策自动化、数字化、信息化、智能化具有促进作用)。科技日报(1998年4月25日)、农民日报(1998年5月)、科学时报(1999年7月)也先后对该系统作了报道。该系统多次在不同地区演示介绍后,有关县(市)长认为:开阔了眼界,增长了见识,引起强烈的紧迫感、危机感,农业现代化需要管理决策现代化,农业专家决策支撑系统应早日在县级管理中推广使用,规划决策分析系统能够帮助我们做好年度计划和长远规划,多目标分析方法有利于优化农业结构、提高经济效益,基层领导需要这样的计算机系统来管理资源和动态数据,投资环境评价系统有利于指导改善环境,网络系统有利于数据和文件共享、提高查询和应用效果,多媒体演示有利于对外宣传和招商引资,全国市(县)建立此类系统可以促进现代化农业的进程。中国科学院首席农业科学家李振声院士认为此项成果达到了国际先进水平,中国科学院农业项目办公室王大生副主任认为此项研究将成为推动我国21世纪可持续农业发展的重要农业科技创新成果。

本书系统地总结了“农业专家决策支撑系统”的原理、方法以及系统开发中的关键技术,我们希望它能够有关部门和人员提供有益的帮助。本书由梁启章研究员(课题组长)主编,李钜章研究员参与审稿,由下列人员参与共同编写完成:梁启章撰写“前言”、“新的农业科技革命与农业专家决策支撑系统”、“农业专家决策支撑系统的服务目标和功能设计”、“农业专家决策支撑系统的原理和方法”、“农业数据库的指标体系和建立方法”,并合作完成三个附件等;李钜章研究员撰写“农业规划/计划分析系统与数学方法应用”、“投资环境评价系统”等,并合作完成“农业专家决策支撑系统的原理和方法”、“农业数据库的指标体系与数据库建立方法”;王雷博士撰写“农业结构优化多标准评价模型”、“蒙自县农业规划决策支撑系统”等,并合作完成“农业专家决策支撑系统的原理和方法”;吴强硕士撰写“基于JAVA的Web GIS理论方法与开发技术研究”、“六盘水市市政信息共享系统”等;张燕女士撰写“GIS应用系统”,“蒙自县资源环境管理系统”、“农村经济可持续发展决策支撑系统”、“社会文化因素对中国粮食生产影响

典型调查报告”等；姜玲女士撰写“可视化分析系统”、“蒙自县动态分析系统”、“六盘水市市政信息可视化动态分析系统”、“新和县农村经济数据可视化动态分析系统”等；中国科学院合肥智能机械研究所提供了“农业生产管理专家系统开发方法与工具”。李荣生研究员和徐永晶高级工程师参与了“测试版”系统的研制和开发工作。

本课题属于中国科学院农业项目办公室立项资助的“九五”重大科研课题，也是中美农业科技合作研究课题，首先应感谢农业项目办公室王大生副主任对本课题立项的框架性建议以及在本课题的研究、开发与推广工作过程中给予的直接指导和帮助，感谢以石玉林院士为首的专家组对本课题立项论证和课题设计所给予的支持和指导，感谢地理研究所的领导和各个职能部门的鼎力相助，感谢直接参加建设多个应用系统的当地领导、专家与工作人员的辛勤劳动及提供的资料。我们还要感谢美国俄亥俄州立大学的 Allen Lines, Ad. Word, John Current, Hadipriono, Zhongmin Chen 等教授给予的合作与指导。此项成果的研究与推广过程中还得到了中国科学李振声院士的亲切关怀和指导。先后参加本课题研究工作的有梁启章(组长)、李钜章、王雷、吴强、张燕、姜玲、李荣生、徐永晶等，课题组的全体同志借此机会衷心感谢所有曾经对本课题给予关心、帮助和鼓励的单位和个人。特别感谢姚岁寒编审对出版本书的鼓励和认真的预审加工，感谢张圣凯高级工程师为联系印刷出版所做的工作。

目 录

第一章 新的农业科技革命与农业专家决策支撑系统	(1)
第一节 新的农业科技革命	(1)
第二节 精确农作系统	(4)
第三节 农业专家决策支撑系统	(6)
第二章 农业专家决策支撑系统的服务目标和功能设计	(10)
第一节 服务目标	(10)
第二节 系统结构与功能	(11)
第三章 农业专家决策支撑系统的原理和方法	(14)
第一节 决策支撑系统的原理和方法	(14)
第二节 对弈式系统与专家系统	(21)
第三节 农业专家决策支撑系统的逻辑设计	(22)
第四节 数学方法与定量化研究	(25)
第四章 农业资源与环境管理信息系统	(28)
第一节 GIS 应用	(28)
第二节 农业资源与环境管理信息系统的功能与构成	(31)
第五章 农业数据库的指标体系和建立方法	(32)
第一节 农业数据库系统指标类型和特征	(32)
第二节 农业资源与环境数据库	(34)
第三节 农村经济统计数据库	(36)
第六章 农业规划/计划决策分析系统	(38)
第一节 规划/计划的实质	(38)
第二节 规划/计划系统流程和基础分析	(39)
第三节 二级规划/计划和综合规划/计划	(42)
第四节 规划/计划系统的基本经验	(43)
第七章 农业结构优化的多标准评价模型	(44)
第一节 线性规划方法与多目标规划方法	(44)
第二节 决策变量	(45)
第三节 决策目标	(45)
第四节 决策限制条件	(46)
第五节 多目标规划系统运行分析和环境	(47)
第八章 农业开发投资决策分析系统	(49)
第一节 投资决策分析系统的服务目标和用户需求	(49)
第二节 投资环境内涵	(49)
第三节 投资环境查询检索系统	(50)
第四节 投资区域社会经济动态分析系统	(51)
第五节 投资环境分析评估系统	(51)
第六节 投资指南咨询系统	(54)

第七节 系统构成和运行环境	(54)
第九章 县(市)经济可持续发展管理决策支撑系统	(55)
第一节 区域的可持续发展	(55)
第二节 我国的县(市)经济管理	(56)
第三节 县(市)经济管理决策支撑系统的设计	(57)
第十章 资源与环境的空间信息共享服务系统基本原理——基于 Java 的 Web GIS 技术系统 ...	(63)
第一节 Web GIS 及其应用现状	(63)
第二节 Web GIS 关键技术	(68)
第三节 Web GIS 的功能	(75)
第四节 Java 开发技术	(82)
第五节 基于 Java 的 Web GIS 实验	(94)
第六节 结语	(95)
第十一章 农村经济动态数据的共享服务与可视化分析系统	(97)
第一节 共享服务系统	(97)
第二节 可视化分析系统	(99)
第十二章 农业专家决策支撑系统推广应用实践	(101)
第一节 云南省蒙自县农业信息管理与规划决策分析系统	(101)
第二节 内蒙古自治区多伦县农牧业管理决策支撑系统	(109)
第三节 新疆维吾尔自治区新和县农村经济动态分析与农业规划决策分析系统	(114)
第四节 贵州省六盘水市农业规划决策系统与数据共享系统	(115)
第十三章 农业专家决策支撑系统的主要经验和推广前景	(122)
第一节 主要经验	(122)
第二节 推广应用分析	(123)
附件 A 可视化选择粮食基地决策专家系统的原理和方法	(126)
A.1 背景	(126)
A.2 研究目标	(128)
A.3 研究范围和限制	(128)
A.4 系统的潜在利益	(129)
A.5 研究意义	(129)
A.6 研究方案	(130)
A.7 研究计划	(134)
附件 B 粮食运输和仓储发展战略决策支持系统的原理和方法	(137)
B.1 研究背景	(137)
B.2 系统设计和开发策略	(138)
B.3 系统功能描述	(139)
附件 C 社会文化因素对中国粮食生产的影响典型调查	(141)
C.1 社区状况	(141)
C.2 农户调查情况	(142)
C.3 农户行为问卷的调查	(145)
主要参考文献	(148)

第一章 新的农业科技革命与 农业专家决策支撑系统

第一节 新的农业科技革命

研究信息与知识的产生、获取、存储、管理、交换、传递、分析、处理、输出、应用等过程是信息科学的根本任务。信息科学应用于信息农业将涉及到计算机系统、网络系统、自动化系统、遥感系统、全球定位系统、地理信息系统以及现代生物技术、农产品深加工技术、新的农业设施等一系列高新技术。新的农业科技革命中的重要内容就是发展农业信息技术，其主要目的是加速农业信息与农业知识的产生、传播和应用，这也是发展农业知识创新体系的重大举措。

一、新的农业科技革命

江泽民总书记提出：“中国的农业问题、粮食问题，要靠中国人自己解决，这就要求我们的农业科技有一个大的发展，必须要进行一次新的农业科技革命”。新的农业科技革命是在第一次农业科技革命（19 世纪 50 年代到 20 世纪 50 年代）基础上的发展和继续，它的主要目标和特点是：

（1）现代生物工程技术的突破和应用，实现了按照人类意愿定向塑造新物种和品系，突破了常规育种技术的局限。经过基因工程与常规技术的结合，国际上正在选育的“超级稻”、“抗虫棉”、“克隆羊”等计划，为农业发展展示了广阔的前景。

（2）信息技术渗透到农业的各个领域，尤其是地理信息系统（GIS）、全球卫星定位系统（GPS）、遥感技术（RS）、办公自动化系统（Office）、管理信息系统（MIS）、决策支撑系统（DSS）、网络系统（Internet/Intranet）等，实现了“精确农作”和“农业现代化管理”，为农业信息产业的发展奠定了坚实的基础。

（3）现代设施农业引向农业工厂化，利用现代化的技术和设备，人工创造适宜的动植物生产条件，进行高度集约化经营、计算机控制和现代化管理，以实现高产优质为目的。例如，无土栽培、遥感温室环境控制系统、全自动化饲养设备等技术，在一定程度上打破了地区自然资源紧缺和气候条件恶劣的局限性，显著地提高了人们对农业生产环境的调控能力。

（4）农产品精、深加工与综合利用技术提高了食品质量，综合利用食品原料，保持食品的色、香、味、形。以农产品加工为基础的保健食品、疗效食品和绿色食品产业将成为世界上最有前途、最有生气的行业之一。

（5）知识经济的推动，促进了新型农业经济形态的迅速发展。20 世纪的“绿色革命”显示了农业知识创新体系的巨大作用和发展前景。

二、 农业知识创新体系

江泽民总书记提出：“当今世界，科学技术突飞猛进，知识经济已见端倪，国际竞争日趋激烈”。知识经济就是以知识为基础的经济，即建立在知识和信息的产生、分配和使用过程中的经济。相对于以广大耕地和众多劳动力为基础的农业经济社会，以及以大量的自然资源和矿藏原料的冶炼、加工和制造为基础的工业经济时代，知识经济是基于最新科技和人类知识精华的经济形态。知识经济起源于信息技术和信息产业化发展，例如，美国的信息工作者占本国劳动力的比重从1960年的31%，发展到1980年的48%，日本的信息工作者占本国劳动力的比重从1960年的18%，发展到1975年的30%，德国的信息工作者占本国劳动力的比重从1950年的19%发展到1978年的33%（OECD统计）。总之，发达国家愈来愈重视知识与信息的生产、传播和应用。

21世纪的农业可持续发展将以知识创新与信息的生产、传播和应用为龙头，掀起新的农业科技革命，从而影响到农业的各个领域。及时组织农业知识创新体系必将是迎接新世纪农业发展的当务之急。农业知识创新体系的重点必将集中在农业知识的产生、传播和应用，其中信息技术和生物技术的发展和应用又将成为知识的产生、传播和应用过程中的关键。

三、 农业可持续发展中的信息技术

现代化农业信息技术直接服务于农业知识、技术与信息的生产、传播和应用，促进农业可持续发展和农业生产现代化；服务于农业资源变化动态监测与农作物长势诊断，促进农业资源的合理利用和农作物产量预报；服务于农业管理过程，包括农业现状管理与优势分析、农业发展动态分析、农业资源与环境信息管理分析、农业技术和市场信息管理分析、农业生产进度管理分析等，促进农业生产管理的现代化；服务于农业可持续发展的决策过程，包括农业发展规划/计划决策、农业结构优化调整决策、农业综合开发投资决策等功能，促进决策水平的科学化、民主化进程。信息技术系统还能进行农业发展实力评估与可持续发展能力评估，以及人口、劳力、增长能力与潜力、长期发展趋势等预测，提供了日常的管理工具。因此，现代化农业信息技术系统既要集成世界上现代化农业中的各方面的信息技术进步，同时又要结合中国的实际情况，研究并开发出适用于中国农业可持续发展的农业信息技术系统，担当起新世纪农业知识与信息的产生、传播和应用重任。为此，开发并推广下列农业信息技术系统是十分重要的。

(1) 发展并建立不同农业类型地区的精确农作模式和精确农作系统，达到提高主要农作物产量水平、降低成本、保护环境、实现可持续发展目标，这类系统尤其适合于农场和具有规模经营的地区。

(2) 发展并建立不同农业类型地区农业资源动态监测系统和农情速报系统，实现主要农作物定期监测，在农作物生长期提交农作物布局和长势报告，农作物收获前提供估产预报、农作物面积等。这种系统能帮助提高国家估产水平，并达到保护土地目标。这种系统将在各省（市、自治区）得到应用。

(3) 发展并建立我国农业与农村经济动态变化监测系统，实现农业普查和专题调查以及统计工作的空间定位、网络管理、时空分析、计算机处理和多媒体信息发布等功能，该系统将在国家统计系统得到应用。

(4) 发展并建立不同管理与决策层次使用的可持续发展农业与农村经济管理决策支撑系统，达到提高各级领导的管理与决策水平的目标，这类系统将在各县（市）、地区、省（市、自治区）和国家主管部门或决策机构得到应用。

四、 决策支撑系统（DSS）在农业中的应用

根据中国科学技术信息研究所通过国际联机检索对美国 DIALOG 系统进行的查询，国外目前的 DSS 研究主要致力于森林、作物、种植业、棉花生产、玉米生产、虫害、水资源等专项管理服务系统。例如，森林管理软件（NTIS，1998）可帮助用户评估森林管理的潜在影响并可帮助制定和评估资源管理规划；精确农作管理中遥感的作用和限制（EI，1998），强调利用遥感数据来为精确农作提供空间信息和适时信息；PARMS 种植业及其农副产品管理决策支持系统（IEE，1998）将帮助农户在投入使用前实验新的观测系统；决策支持系统在亚洲谷物质量保持中的作用（CABI，1998）将帮助在谷物存储中合理地预防害虫；棉花谷物管理专家系统 10 年的经验总结（CABI，1998）描述了棉花谷物管理专家系统的发展与应用，提供了一个最成功地应用 DSS 的例子；用 toulmin 进行群决策支持（NTIS，1998）；综合利用 GIS、数据库和模型进行水资源管理（IEE，1998）介绍了一个应用 GIS、DSS 进行水资源管理的例子。

国内的 DSS 研究工作初期集中于 DSS 开发工具，并在少数高层管理决策部门建立了基于统计数据和统计模型的应用系统。例如中国科学院系统所提出了系统综合模型，成功地预测了我国十年来的粮食产量，为国家制定粮食政策和国民经济年度计划提供了重要依据。中国科学院合肥智能机械研究所开发了农业专家系统，用于科学施肥、虫情预报、品种选择等方面。近期的主要研究成果还有：四川省农业信息系统（四川省经济信息中心，1988），略左县县级农业规划决策支持系统（党延忠等，1989），黑龙江省粮食作物生产决策支持系统——建立区域性粮食生产函数模型的方法及其在农业宏观管理中的应用（东北农学院，1988），农业生产管理决策支持系统的建立（李建玲等，1993），区域农业经营决策支持系统（郑靖中等，1994），多标准决策法在农业系统管理上的应用（张运涛等，1995），农业决策支持系统中直接存取数据库技术的应用（蒋福祯等，1996），农业生产管理决策支持系统的建立（李建玲等，1996）等。这些系统大多属于专项服务性质的，部分属于实验性质的，还未见有综合性农业信息管理和决策支撑系统。

中国科学院地理研究所在“八五”期间完成了“黄淮海平原农业综合开发决策支撑系统”的研究和利用，该项研究吸取了国内外的经验，初步探索了宏观管理与决策服务系统的建设方法和技术，达到了同类研究的国际先进水平。“九五”期间在中国科学院农业项目办公室的大力支持下开展了“农业专家管理决策支撑系统”的通用平台研究，经过近四年的实验研究和技术开发工作，该系统已经在六个县市进行了试推广，获得了较好的效果。这些系统的特点是：综合性、多指标、多功能；服务于县级农业的宏观决策与微观管理；具有综合性数据库和专家知识库；采用了最先进的成熟技术和方法，如 GIS、ES 和对弈策略，多目标评价等。县级领导或主管部门可以直接使用这个系统编制计划/规划，进行动态分析与资源信息管理等。

第二节 精确农作系统

20 世纪 90 年代的信息农业获得了“精确农作系统”的重大农业技术进步，同时发展了精确农作（Precision Farming）学科，从而为 21 世纪农业的可持续发展找到了出路和方法。精确农作系统集成农业基础研究成果以及 5S（GIS、RS、GPS、MIS、DSS）高新技术于一组全自动化控制装备，达到了精确施肥、喷药、播种、管理等精确农作目标，并降低成本，提高产量，防止环境污染，为实现农业可持续发展提供了新一代技术保障。

一、精确农作的由来与发展

精确农作开始于 20 世纪 80 年代，当时的美国在农田长时期使用化肥和农药后引发了环境问题，农产品成本也加大，从而影响到美国农产品在世界市场中的竞争地位。为减少农业对环境的不良影响和降低农产品成本，进行了下列四方面战略分析研究：

（1）寻找一种新的机制以支持农民净收入提高而不限制任何作物。

（2）在不减少产量情况下基本农田面积如何保证？土地轮休是否可以提高乡村环境质量而不减少供应？

（3）如何在那些高度脆弱地区通过较好的肥料和农药管理达到环境保护目标？

（4）如何通过送给农民更多更好的信息和投入管理达到鼓励农民的目的？

上述研究涉及到生物技术、生物控制、植物遗传、作物管理、农药和肥料应用技术等，概括起来这种管理技术就叫做“高精确农作（High Precision Farming）”模式，在这以后的一系列研究工作直接推动了精确农作系统的开发与应用，这期间主要研究成果有：

（1）高精确农业提高肥料和化学物质效率。

（2）精确农作中的产量制图原理和设备。

（3）沙地中土壤水存储与玉米长势分析。

（4）黏土地区的精确农作技术。

（5）农场规划中的空间编目方法。

（6）使用 GPS 进行野外制图和产量测定。

（7）精确技术：精确定位，精确方法。

（8）土壤肥力与作物施肥方案的空间变化模型。

（9）使用地理信息系统进行精确农作数据管理。

（10）使用 GPS、电脑和氮肥模型进行精确定位施肥。

精确农作技术在欧洲同样得到很好的发展。欧洲的传统农业经过 MIS 和 ES 管理阶段后，农民们将在不久的将来，采用全面基于空间理解和处理水平的精确农作技术，包括自动采集数据和集成 MIS/DSS 技术。

精确农作已经获得了很好的效果，1992 年美国利用 GPS 成功地跟踪迁飞性害虫的分布并指导了有效的防治。美国、荷兰等国利用 GPS 和 GIS 确定土壤肥力差异，指导合理施肥。目前精确农作主要应用领域有：

（1）农业和作物管理。确定作物或品种的适宜范围，合理利用土地，进行合理耕作、高产栽培等。

（2）合理施肥。提高肥料利用率，减少环境污染。

(3) 植物保护。确定农药用量和用法，达到减少用量，提高效率，减少污染的目的。

二、 精确农作的工作原理和特点

传统农作技术是以一定地区内土地的均一性为前提所采取的措施，忽视了一定地区内土地的环境因子，如土壤结构、肥力、水分状况，病虫等因素的不一致性。实际上一个地区、一个农场，甚至同一块地内的土壤养分、水分状况、病虫草害等因素是不均匀的。对大农场机械化作业的地区来说，这样的土壤、作物生长的不均匀性与统一的均匀农业措施矛盾甚为突出，造成肥料、农药的浪费和农业成本的提高与环境污染。

精确农作系统从服务于精确种田开始，扩大到精确放牧等农业管理的其他方面，这是将 GPS、RS、GIS 以及计算机软件与自动控制设备安装到现代化农业机械中的一类可完成精确施肥、喷药等功能的精确农作系统。精确农作系统依靠 GPS 精确定位，通常根据实际可能，按一定规模的标准取样并测定土壤类型和土壤肥力（指氮磷钾含量等土壤营养元素），以及前一年的单株产量和本年度的产量指标，采用 GIS 管理上述有关数据。装有 GPS 的车辆定位系统使用产量监测器在头年收割时提供各种土壤数据和产量数据。这些数据还可以采用遥感技术获得。上述信息经过计算机处理，制成可显示的数字地图及软盘，在使用时将软盘插入专用的系统，即可控制自动化机械装置进行自动施肥、喷药。自动喷洒机上装有四个肥料仓及一个除草剂（种子）仓，每个肥料仓装有不同的配方肥料，包括微量元素。自动喷洒机行走时，计算机可根据所在位置对应的土壤信息及养分信息自动判定当前位置应该喷洒的肥料数量和配方，并随时指令配料仓自动改变配方比例和输出量，这样可以真正做到以数十株为基础的因苗、因土的精确施肥和喷药，这种技术就叫做精确农作。

三、 精确农作在中国的发展前景

我国农业基地中有许多国营农场，机械化作业水平较高，还有许多农业区开始了规模化经营，这些均为发展精确农作提供了可能性。同时，我国的 GPS、GIS、RS 以及 MIS 和 DSS 等高新技术已在许多领域成功地应用，为发展精确农作提供了基本条件。但我们还应看到，我国的主要农作物的单产水平已达到较高水平，其中主要依靠使用大量的化肥和农药，已经对环境造成了很大的影响。在这种情况下，若要继续实现提高单产又不破坏环境，达到可持续发展的目标，在中国发展精确农作是十分必要的。

但是精确农作涉及到许多基础研究成果和高新技术的集成应用，因此有计划地开展下列方面的基础与高新技术研究是十分重要的：

- 精确农作系统的机理和方法；
- 作物生长模型；
- 精确农作系统中 GIS、GPS 与 RS 等高新技术集成原理。

由于农业系统的复杂性，首先应将主要粮食作物（水稻、小麦和玉米）和棉花作为精确农作系统的研究对象。其具体研究内容如下：

- (1) 精确农作系统的机理及其系统设计与实施方案研究。
- (2) 精确农作系统中的 GIS 应用集成研究。
- (3) 精确农作系统中的 GPS 精确定位系统应用集成研究。
- (4) 不同地区、不同土壤背景、不同作物施肥机理和配方优化模型研究。
- (5) 不同地区、不同土壤、不同水分条件下的作物需水机理及水肥调控理论和模型研究。

- (6) 土壤背景值的高分辨率监测的遥感方法探索及实用系统研究。
- (7) 自动施肥、喷药系统的集成研究。
- (8) 不同地区、不同作物的病虫草害预测预报及防治对策与喷药配方模型研究。
- (9) 水稻、玉米、小麦和棉花的生长模型研究。

综上所述，精确农作将成为解决 21 世纪中国粮食问题的一个重要方法，真正实现可持续发展的农业。目前应当开始进行上述有关方面研究，在有条件的地区进行实验工作。

第三节 农业专家决策支撑系统

针对我国基层农村的管理与决策水平还处在依靠经验的现状，以及基层领导对信息农业的理解与实施还处于观望等待阶段的形势，中国科学院农业项目办公室看准方向并抓住时机从“八五”到“九五”期间先后组织了“黄淮海平原农业综合开发决策支撑系统”与“农业专家决策支撑系统”重大研究课题，其目的是为了推出能够为基层领导接受的计算机系统，保证这些系统能够帮助县（市）/地的管理者和决策者更好地利用当地现有的资源和技术经验，包括基层领导的经验，促进他们提高管理水平与决策成功率。该项课题经过近十年的研究与应用推广工作的实践，形成了可用以推广的农业信息管理与决策支撑系统。农业专家决策支撑系统的基本特征和研究进展如下。

一、完备的农业专家知识与经验

农业专家决策支撑系统首先要求获取、存储、管理、传播和应用农业专家的经验、知识与农业基础数据，并以此作为决策支撑的基础。因此，这个系统应用了大量的农业专家知识和经验，以及书本上的知识与理论，概括起来可以分为：

- (1) 农业生产过程的知识与经验，例如，种植业的育种、栽培、施肥、田间管理等，以及养殖业的养殖模式等。
- (2) 农业投入/产出计算方法，例如，种植业的投入包括各种肥料使用量、用水量、用工数、科技投入和生产者科技水平等。
- (3) 土地适宜性评价指标，例如土壤、地貌、地形、土地利用等。
- (4) 各种需求和经济的预测模型，例如粮食、蔬菜、油料、肉类、禽蛋和奶制品等需求分析模型，以及产值、投入、财政、人口、国内生产总值等的分析模型等。
- (5) 线性规划或多目标规划模型及其综合评判模型等。

上述专家知识和经验，可以用来支撑解决农业专家决策支撑系统设计目标面临的结构化问题、半结构化或非结构化问题。农业专家知识的获得和利用方法将在后面详细论述。

二、决策者的主导地位

“决策支撑系统”一词十分清楚地表达了决策者与系统的相互关系，即决策者必须处于系统运行过程的主导地位，决策支撑系统的正常运行需要依靠决策者的智慧，“农业专家决策支撑系统”也不例外。通常情况下，决策者运行系统时需要充分考虑系统提供的各种专家知识与经验和系统分析预测结果，同时决策者又要考虑许多其他影响决策的重要因素，例如当地的风俗习惯、社会状况、政策法规、全局利益、期望目标以及自己的经验等等。总之，这些大量的重要的不能预先装入系统的因素，只能依靠决策者在使用系统时发

挥自己的智慧，适时地将这些因素和系统中提供的知识、经验结合起来。显然，决策支撑系统应当能够向决策者（用户）提供发挥智慧的条件和简便易用的方法，换句话说，评价决策支撑系统的一个重要标准就是该系统是否具备充分发挥决策者智慧的功能。

三、强有力的信息管理功能

摸清家底，了解当地情况和历史是进行规划/决策的重要基础。因此决策过程与管理水平的关系极大，或者说决策水平的提高必须伴随管理水平的提高。管理信息系统是将计算机应用于一个单位或部门的各种业务处理的系统。它将数据处理和经济管理结合起来，形成了用于管理的信息系统。它的定义可以认为是：管理信息系统是一个由人与计算机结合的对管理信息进行收集、传递、存储、加工、维护和使用的系统。其主要功能有：

(1) 将管理业务中的账本、账单以数据库的形式统一进行组织存储，使管理者能有效地掌握全部信息和数据。

(2) 对大量的信息和数据进行查询和统计分析和统计工作。

(3) 按管理工作的流程，对数据进行有效的加工和使用。

(4) 产生各级管理者需要的报表和输出信息，为管理者的决策提供信息和数据。

MIS 使各企业事业单位的管理由原来的人工处理大量繁琐事务变成了计算机的科学管理，从而使管理提高到新的水平。其最大优点是能对大量的数据进行有效的管理和处理。其局限在于为管理者提供的辅助决策信息只表现为数据的查询和统计形式。因此，在我们设计开发的农业专家决策支撑系统中提供了空间信息、统计信息和多媒体信息的完整管理功能，包括网络管理，可为农业发展决策工作快速提供精确的资源、环境和社会经济、人文管理等各种有用的数据、信息、知识或规律，同时还提供了资源评价、环境变化、农村经济发展和农业生产进度等查询、计算、汇总、分析、制图和制表等功能。完整的农业信息及其管理功能成为决策支撑系统的重要特征和不可缺少的内容。

四、决策者智慧与计算机系统的最佳结合

DSS 的一个重要目标是建立应用框架，确保用户与系统的最佳交互方式，允许用户以求助方式选择和控制系统提供的各种结果来帮助决策，允许用户尽可能完全、精确地模拟决策过程，允许用户试验不同的解释和方案的影响。因此，20 世纪 90 年代国际上出现的对弈操作方式已经被广泛地应用于决策支持系统的开发策略。这种对弈方式的特点是既能方便地装入专家的模型、知识和经验，又允许用户随时输入自己的期望并与系统交互，从而确保了决策者在使用系统时的主导地位，系统运行的透明度高，运行结果的物理含义易于理解，最终达到决策者的智慧与计算机系统的最佳结合。

农业专家决策支撑系统是服务于农业的决策支撑系统，它必须具备决策支撑系统的所有特征，“农业专家决策支撑系统”属于对弈式的、定量分析与定性分析相结合，具有网络和多媒体信息管理功能的最新一代的决策支撑系统。这个系统首先选择了结构优化、供需平衡、资源配置、规划/计划、开发投资等涉及农业发展的重大决策问题，并且将农业专家和领导的知识与经验进行整理，形成可操作的模型或方法建立在系统中；同时将资源、环境以及社会经济信息纳入决策支撑系统的信息管理模块，管理模块采用空间信息管理技术和统计数据管理技术，可为决策提供重要的基础数据、信息、知识或规律。采用对弈操作策略的“农业专家决策支撑系统”确保了决策者的智慧与计算机系统的最佳结合，

从而达到了系统设计的最终目标。

农业专家决策支撑系统开发过程中采用了多项先进的成熟技术与方法，包括地理信息系统、办公自动化系统、多媒体技术、数据库技术以及多目标规划模型、投入/产出计算方法和对弈策略等方法。我们的研究重点是要将这些技术和方法与实际情况相结合，最终建成可操作、运行稳定的农业专家决策支撑系统。

五、基于 GIS 的 DSS

随着 GIS 和 DSS 的发展，两者之间的结合显得越来越重要，DSS 需要 GIS 来为它提供基础数据，有了 DSS 的分析功能，GIS 可以发挥更大的作用。因而国内外已经有很多应用系统开发人员把两者结合起来，使所建立的系统发挥更大的作用。例如，综合利用 GIS、数据库和模型进行水资源管理（IEE，1998），介绍了一个应用 GIS、DSS 进行水资源管理的例子。该方法将数据库、报表、模拟模型、专家系统、GIS 等环境完整结合在一起，并具有友好的用户界面，系统运行在 Windows 界面上，还可连接到 UNIX 界面上；再如“基于 ARC/INFO 的农业决策支持系统（梁启章等，1996），该系统基于 GIS 并采用管理与决策支撑系统通用模式与方法，探讨了为农业综合开放服务的决策支持系统的四元模式和建立方法，同时从宏观和战略上研究农业开发的潜力和方向，为持续农业的战略研究和宏观决策提供有效的支撑信息。

六、农业专家决策支撑系统的研究与进展

农业专家决策支撑系统经历了实验研究、试推广和应用推广三个阶段，并根据各地的不同需求先后推出了具有不同功能的 5 种版本：即演示版、试推广版、种植业版、农业版和投资环境演示版。这些版本的功能组成与开发时间，充分反映了五年来研究工作的进展状况（表 1-1）。首先，我们考虑到本系统的开发不同于一般的研究课题，“九五”合同中明确规定了系统既要达到先进水平又要能够应用推广的最终目标，为此，我们在签定合同后，立即组织有关专家共同讨论并形成反映当前水平的系统开发目标与实施方案，实验研究的目标是推出一个演示版而不致为追求完成全部研究任务占用很长的时间，有了演示版就可能与用户见面，便于与用户交流，在建立实际应用系统的过程中不断地改进与完善。

表 1-1 农业专家决策系统不同版本的功能

功 能	演示版 (实验室)	试推广版 (禹城)	种植业版 (蒙自)	农业版 (六盘水市)	功能实现时间
1. 多媒体演示（概况）	*	*	*	*	1997.03
2. 种植业规划决策分析	*	*	*	*	1997.03
需求预测与期望分析	*	*	*	1997.05	
资源配置与单价调整	*	*	*	1997.05	
3. 种植业结构优化分析		*	*	1998.12	
变量、目标与限制条件		*	*	1998.12	
4. 农业规划决策分析		*	1999.12		
单项规划（农林牧渔加）		*	1999.12		
综合规划				*	1999.12