



国家863计划数字农业重大专项

数字农业研究进展

863计划数字农业专项总体专家组 编
国家农业信息化工程技术研究中心

中国农业科学技术出版社

国家863计划数字农业重大专项

数字农业研究进展

863计划数字农业专项总体专家组 编
国家农业信息化工程技术研究中心



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字农业研究进展/863 计划数字农业专项总体专家组,国家农业信息化工程技术研究中心编.

—北京:中国农业科学技术出版社,2005.9

ISBN 7-80167-826-5

I. 数… II. ①863… ②国… III. 数字技术—应用—农业—概况—中国 IV. S126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 084906 号

责任编辑:张孝安

责任校对:张京红

出版发行:中国农业科学技术出版社

北京市海淀区中关村南大街 12 号 邮编:100081

电话:(010)68919708 ;68975144

传真:(010)62189014 ;68975144

E-mail:zhangxa2005@sohu.com

经 销:新华书店北京发行所

印 刷:北京金吉士印刷有限责任公司

开 本:889mm×1194mm 1/16

印 张:36.75

字 数:930 千字

版 次:2005 年 9 月第 1 版

印 次:2005 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~1400 册

定 价:100.00 元

© 版权所有 侵权必究

《数字农业研究进展》

编辑委员会名单

主 任 王晓方

副主任 贾敬敦

委 员 方智远 吴远彬 余 健 郭志伟 蒋茂森

魏勤芳 王学勤 陈兆波 赵春江

主 编 赵春江 薛绪掌

副主编 蒋茂森 甘国辉 李保国 李增元 诸叶平

编写人员 (按姓氏笔画排序)

王纪华 王 成 王开义 王 健

王元胜 马智宏 吴华瑞 杜小鸿

杨月英 杨信廷 陈立平 乔晓军

刘良云 刘学馨 孙 想 孟志军

郑文刚 姚远方 赵云龙 秦向阳

郭新宇 顾静秋 黄文江 潘瑜春

前 言

国家科技部于2003年在“863计划”中,启动实施了“数字农业技术与示范”等重大专项。在各级政府部门的大力支持下,经全国科技人员的共同努力,我国数字农业技术研究与应用取得了突破性进展和重要的阶段性成果,这对我国未来农业高新技术的发展产生了深远的影响。

随着数字农业研究工作的不断深入,数字农业的概念、学术思想和技术内涵不断得到深化与发展。2005年3月,“863计划”数字农业重大专项总体专家组和国家农业信息化工程技术中心共同在北京召开了“中国数字农业与农村信息化学术研究研讨会”,来自全国16个省、市、自治区的40多家高校、科研院所和推广单位的170多名代表参加了会议。大会收到学术论文104篇,主要包括:农业系统模型与决策支持系统、数字模型与虚拟农业、农业机电一体化与自动化控制、精准农业、数字林业、数字养殖、数字渔业、数字水利、数字农情监测等各方面内容,涵盖了当前我国数字农业与农村信息化研究的各个领域,代表了我国数字农业和农村信息化的最新进展。

为便于与会者进行交流,我们将这次会议的学术论文汇编成册正式出版,并按专业研究领域,从第一篇数字农业动态、框架、标准与战略;第二篇数字信息采集、检测、控制技术;第三篇模型、数字化设计、决策支持系统;第四篇精准农业与数字化养殖技术;第五篇农业3S技术系统等方面对论文进行了分类编排,以便于广大读者阅读和参考。

由于时间有限,编辑工作量较大,文中错漏之处,尚希鉴谅和指正。

《数字农业研究进展》编辑委员会

2005年7月26日

目 录

第一篇 数字农业动态、框架、标准与战略

数字农业—技术标准下的数字网络环境集成与发展动态研究	王 众等	1
数字农作技术研究进展与发展方向	曹卫星等	8
数字农业与农业信息化发展的现状与趋势	李保国等	14
作物生产信息数字化研究	诸叶平等	19
国际农业模型研究的新进展	高亮之	25
论我国农村信息化的战略任务	刘世洪	33
我国数字渔业的总体发展战略	潘迎捷等	38
发展我国“数字海洋渔业”的有关设想	陈新军等	42
数字化栽培的框架与技术体系探讨	曹宏鑫等	45
数字农业信息标准探讨及实践	郭新宇等	52
引入工业工程概念的农业信息化工程思路	陶 铮	57
数字信息与通讯技术(Digitl ICTs)在发展农业中的作用——一些国外实例	周启发等	64
信息网格技术实现农业信息共享服务	孙瑞志等	67
欧盟农业信息服务体系及对中国的启示	白 丽等	70
信息技术在可控环境农业中的研究与应用	孙忠富等	75
无公害农产品规范化生产智能管理系统规划研究	马 萍	79
空间信息技术在中国西部农业可持续发展中的应用研究	吴才聪等	89
数字农业基础平台构建初探	郑可锋等	93
新疆兵团农业信息化发展思考	张 斌等	102
河北省数字农业的现状与对策研究	张寿平等	105
贵州进行精确农业应用研究的探讨	赵泽英等	109
浅谈烟台市发展“数字农业”的对策	丁建华等	113
“农村信息户联网五个一服务模式”的研究与实践	崔文顺等	116
百姓科技户户通服务模式的探索与实践	罗守玉等	123
吉林省“数字农业”研究的实践与探讨	陈桂芬等	127
印度农村信息化建设的分析与借鉴	陈立平等	133

第二篇 数字信息采集、检测、控制技术

基于数字技术的农田信息快速获取与表达	王纪华等	137
数字图像处理及机器视觉技术在谷物种子形态识别中的研究进展	林 喆等	141
基于掌上电脑的田间数据无线采集系统的研究	刘 刚等	149
短信通信技术及其在农业数据无线传输与远程监控中的应用	孟 浩等	154
数字化信息技术在农业节水研究中的应用	郑文刚等	157
旱情监测及其业务化运行的关键技术	王鹏新等	164
利用 DGPS 测量农田电子地图	王宏斌等	168
基于掌上电脑的通用数据采集系统	郑典萍等	172

激光平地辅助决策系统的开发研究·····	郑典萍等	175
农田多通道数据采集器的设计与开发·····	高华江等	178
温室基质电导率的特性研究·····	张俊宁等	182
温室小气候与营养液综合自动检测控制系统·····	吴刚等	186
温室智能温湿度传感器的开发研究·····	曾祥钟等	192
针对日光温室结构校核的辅助设计系统的研究和开发·····	白红武等	194
基于 LabView 的温室环境远程监控系统的开发·····	张云鹤等	203
温室作物长势的实时诊断·····	张喜杰等	209
智能连续型饱和盐法湿度发生器·····	张云鹤等	214
LI—190 光量子传感器的信号调理与应用·····	王成等	219
智能型温湿度自补偿传感变送器的设计与应用·····	乔晓军等	223
基于二线串行接口的集成温湿度传感器 SHT71·····	王成等	227
一种测量植物茎秆生长的方法及原理·····	乔晓军等	230
基于人工通风干湿表的湿度测量分析·····	吴杰等	232
土壤墒情(旱情)监测与预测预报研究进展·····	王一鸣等	236
基于机器视觉的农作物生长无损测量的研究进展·····	孙红等	244
多生产基地设施渔业远程监控及诊断信息平台设计·····	陈明等	249

第三篇 模型、数字化设计、决策支持系统

虚拟桃树修剪分枝结构模型及可视化研究·····	夏宁等	255
基于 GreenLab 理论的玉米生长虚拟模型:参数提取与模拟·····	马槿韬等	269
基于 OPENGL 的三维灌区仿真平台的研究·····	杨江涛等	276
植物冠层内光合有效辐射空间分布模拟模型·····	王锡平等	281
根系结构生长发育通用模型的研究·····	张吴平等	286
基于 NURBS 曲面的棉花器官建模·····	杨娟等	292
基于光线跟踪技术的植物冠层内太阳辐射光空间分布模拟·····	劳彩莲等	299
多目标多层次田块模型决策方法的研究·····	梁勇等	307
农业宏观决策支持系统的研究与开发·····	刘忠等	311
畜产品质量追溯系统及分布式数据采集平台的建立·····	胡肄农等	316
空间信息多目标智能规划建模系统的研究·····	李森等	320
果树病虫害诊断专家系统知识库的构建·····	李明等	324
基于 LabVIEW 的虚拟仪器技术研究与应用·····	李绍稳等	330
节水灌溉预报决策专家系统·····	李玉平等	335
基于 Web 服务技术实现林业空间信息发布服务·····	刘峻明等	341
农业高科技示范园区信息管理系统研制·····	吕晓男等	347
一种基于 CCM 的农务领域的业务构件模型·····	徐焕良等	351

第四篇 精准农业与数字化养殖技术

精细农业中农情信息采集技术的研究进展·····	罗锡文等	359
棉花计算机模拟模型研究进展·····	张军等	366
黑龙江省农垦农业机械化发展与精准农业技术装备推广应用·····	王智敏	373
精确施肥中土壤养分与作物营养数据获取研究进展·····	郭建华等	377
一种变量作业模拟测试软件的设计与实现·····	孟志军等	382
精确农业变量施肥技术试验研究·····	张书慧等	390

谷物实时测产技术研究·····	李民赞等	397
三种不同变量施肥执行机构比较研究·····	王 熙等	403
机械化变量施肥技术在我国的应用初探·····	王 秀等	406
Flexi—Coil 变量播种机使用设置分析 ·····	庄卫东等	412
基于 GPS 和 GIS 的变量灌溉控制系统研究 ·····	杨 青等	415
基于地物光谱数据的小麦氮肥追施量算法及其效果·····	薛绪掌等	422
数字化渠系平台建设与精准灌溉管理决策应用·····	汪志农等	429
基于奶牛个体体况的精细饲养解决方案·····	熊本海等	435
基于计算机视觉技术估算种猪体重的应用研究初探·····	杨 艳等	442
基于 GIS 的中国畜禽重大疫病防治数字化监控体系研究 ·····	陆昌华等	447
数字技术在奶牛生产过程中的作用及系统设计·····	王中华	452
不同肥力水平下变量施肥尺度效应的理论研究·····	薛绪掌等	455
利用光谱指数进行冬小麦变量施肥的可行性及其效益评价·····	梁红霞等	461
国家精准农业示范基地土壤养分变异特征研究·····	陈立平等	467
基于组件技术的精准农业 GIS 设计与开发 ·····	汪 春等	473

第五篇 农业 3S 技术系统

中国农情遥感速报系统·····	吴炳方	477
农业自然灾害预监信息系统·····	黄敬峰等	495
GIS 支持下的静海县土地利用现状遥感调查 ·····	吕雄杰等	501
复种指数遥感监测方法·····	范锦龙等	506
遥感监测土壤水分的研究进展与趋势·····	许小燕等	516
小麦遥感估产的一种方法·····	张智韬等	520
数字农业:农业产业空间分析研究 基于 GIS 的市场域构建方法研究——以安徽省 饲料企业为例·····	张永义等	525
DGPS 数据向面状 Shapefiles 转换的一种方法 ·····	郭庆丰等	531
扩展 MapObjects 数据源的研究 I——将 Shapefiles 保存到 ADO. NET 数据集 ADO. NET ·····	蔡德利等	536
扩展 MapObjects 数据源的研究 II——空间数据在 SQLServer 中的存取 ·····	蔡德利	541
基于 GPS 的土壤养分数据的可视化 ·····	赵 军	545
基于系统分析的出口蔬菜安全生产过程控制数字化技术研究·····	申广荣等	549
农作物长势遥感监测系统的设计和实现·····	蒙继华等	554
旱情遥感监测方法与系统开发·····	牟伶俐等	561
数字林业平台技术研究与实现·····	张 旭等	566

第一篇 数字农业动态、框架、标准与战略

数字农业—技术标准下的数字网络环境集成与发展动态研究

王 众 郑业鲁

(广东省农业科学院科技情报研究所 广州 510640)

摘 要:本文首先讨论了数字农业(DA)与其最容易混淆的两个概念(精准农业和精准农作, PA & PF)之间的外延关系,据此从网络环境的角度来诠释数字农业的存在基础、技术实现和应用内容。本文提出 DA 其实是相关技术标准作用下的三种层面——通信、数据与软件和应用服务的——一个层次化的数字化网络环境。结合对近期 DA 领域的动态局部分析,提出为了更好地将数字农业的动态跟踪研究与数字农业发展相联系,应当建立数字农业的知识体系(DABOK)。
关键词:数字农业 技术标准 数字化 网络环境

1 概念结构

1.1 精准农业与精准农作 (PA & PF)

美国国家研究委员会(US Research Council)和美国农业部(USDA)都从管理的角度来定义精准农业(Precision Agriculture, PA)。前者认为 PA 是“一种管理策略,使用信息技术采集多源数据来为与作物的生产相关的决策服务”^[1];后者认为 PA 与“精确定位管理”(Site-Specific Management, SSM)的概念紧密相关,重点强调使用地理空间数据来实施特定位置的处理/操作来处理场地空间多变性。PA 被定位在应用于提高农场管理的实践中,并且通过降低管理成本、提高产量来获得经济效益的增加。大量的传感器技术和 GPS/GIS 领域的改进使得农业从业者可以使用各类“精准技术”,例如收成测绘、可变量实施、以及遥感^[2]。

按照 USDA 的观点,与 PA 相比,精准农作(Precision Farming, PF)更加强调基于详尽的时空数据采集对所需要实施的操作和处理进行规划和应用的实践活动,例如对农田的施肥、杀虫除草、灌溉以及对林场的木材分类管理等等。因此,USDA 把另外几个常见的概念如精准林业(Precision Forestry)、精准耕作(Precision Crop Farming)、精细养殖(Precision Livestock Farming, Precision Fishing)分别冠以 PA 在农作、林业、禽畜饲养和水产方面的应用的称谓(PA in Crop Production, Animal Production, Aquaculture and Forestry)。所有的 PF 操作都需要采集不同精度要求的时空数据;对采集的数据进行分析并且与所要实施的时空要求相关联;通过可以控制、跟踪和操作的设备进行实施。

1.2 各种精准农作(PF)

精准耕作(Precision Crop Farming)一直以来都被模糊地等同于精准农作(Precision Farming),被定义为一种系统方法,通过更好的了解和管理作物的时空不确定性来降低生产决策的不确定性^[3]。例如根据土壤检测级别、土壤组织变化,杂草分布和收成的不同田间分布来对土地进行有针对性的农事活动,尤其是肥料和其他化学品的灵活使用^[4]。

精准饲养(Precision Livestock Farming/ Precision Production of Livestock and Poultry)协助禽畜饲养业者实现自动化的管理,通过实时、持续地测量饲养对象的各类指标(体型、体重变化,饲养环境)来衡量生产性能指标,并且根据特定的生产环境进行相应反应,例如给出可控质量和数量的饲料,不断地提供出高质量、符合目前日益严格的公众卫生和福利标准要求的产品来迎合市场^[5]。

精准林业(Precision Forestry)在 2001 年的首届国际精准林业研讨会(the First International Precision Forestry Symposium)上被认为是与 PA 和 PF 相关的概念,然而有些领域专家更倾向于为其做一个具体描述:规划和实施针对特定林业现场管理活动和操作,在维护环境的同时来提高木材质量、利用、减少浪费和提高效益。通常可以包括两个领域的主要应用:①使用地理信息来协助林场管理者合理规划;②特定地点的造林实施^[6]。

虽然精准水产(Precision Aquaculture)未被正式定义或报道,相关的概念如基于 GPS 和 GIS 的精

准捕鱼(Precision Fishing)在 20 世纪 90 年代被提了出来^[7],并且已经成为某些研究课题的目标^[8];在渔业资源监测、生产管理和预测方面的研究与应用的历史同样可以追溯至 20 世纪 80 年代早期^[9, 10]。

1.3 数字农业(DA)

从以上的讨论和概念定义的罗列可以看出,PF 集中体现了在具体的生产操作层面,又会因不同的具体领域而拥有不同的侧重与特色。PA 侧重在管理的层面来统筹或囊括诸类概念。数字农业(Digital Agriculture, DA)的概念有时被定义为“以农业活动的数字化为特征,由数字来驱动的数字农业,其主要目的是建立一个智能的农业系统,集成数据采集、数字传输、数据处理和数控设备于一体来实现农业活动的数字化、网络化和自动化”^[11];以及其概念“使得决策支持系统和与之相关的,需要数字化信息的应用能对农事活动进行分析和可视化的操作”^[12]。显然在以上讨论 PA 和 PF 两个概念的前提下,DA 的定义要求一个水平或内容的提高^[13]。

2003 年召开的“中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会”上,我国学者对 DA 的发展围绕着我国农业和农村发展从技术层面和社会发展层面上作了系统的探讨^[14]。在我国,由于通常与“数字地球”和“数字中国”关联起来,因而较之 PF 和 PA,DA 描述的应该是一个更为宏观、系统和战略层面的体系(图 1):DA 是与对农业相关的要素、过程、领域、水平,社会部门的数字化表达、设计、控制与管理^[15]等宏观管理系统。在我国,DA 的目标在 PF 和 PA 保护环境、提高生产效率与效益的基础上更加直接与国家经济发展、政治稳定、建设规划和国民教育、生活素质的提高紧密相关^[16, 17]。图 1 尝试用最简单的关系来描述 DA、PA 和 PF 之间的关系。

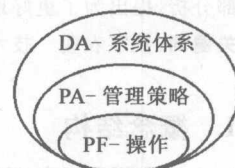


图 1 PF、PA 与 DA

2 数字化网络环境意义下的 DA

利用现代信息通信网络技术与平台,构建在农业数据网络环境,继之开发丰富实用的网络化应用服务,使我们不断突破着由个人、部门、组织、计算机系统、甚至是计算机网络所构成信息孤岛。类似地,在农业领域,这样一个由下而上“硬件—数据/软件—应用”层次性的网络环境的构建,即使尚没有人明确地提出或表述出来,实际上已经颇具雏形;例如即使在一个没有多少专业背景的农业领域的工作者看来,网络在他的眼中也已经成为一个综合性的概念:他看到的不仅仅是放在机房里的机架(网络设备),桌面(计算机、电视)或是拿在手里的终端(电话、手机);还有来自不同地域的数据信息(农场生产状况的数据采集、各大市场的农产品价格、农业生产气候和最新的农资信息等);更有来自基于这些信息进行加工处理后的所提供的农业生产—流通—消费各环节的高级信息服务(农业生产咨询与培训、价格预测、定单农业、农产品电子商务、农产品追踪等)。

2.1 概述

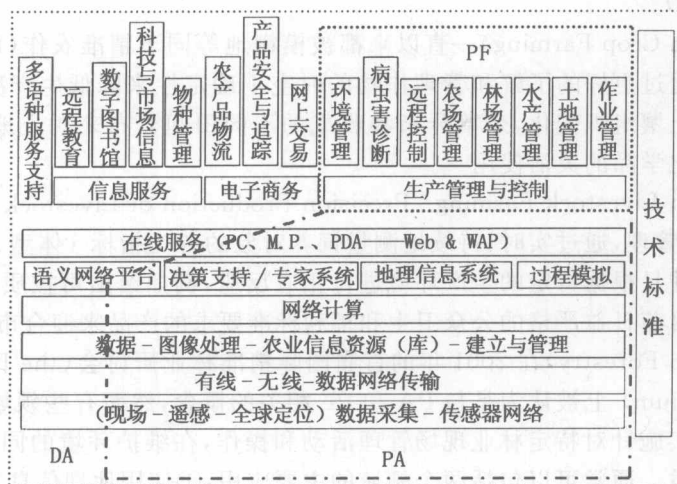


图 2 技术标准下的 DA 网络环境

技术标准下的 DA 数字化网络环境由图 2 所示的三部分组成:①硬件通信网络环境,包括信息/数据的采集与传输;②数据与软件网络环境,包括信息资源的管理和为了利用这些信息资源而开发的软件工具;③应用服务网络环境,包括面向各类使用者的通过各种信息终端的各种服务,这里尤其强调是通过互联网这一平台。数字农业的网络环境要求在物理通信链路、数据通信和应用服务建立互联互通的网络平台(表 1)。从应用的角度看,数字农业的网络环境是现代网络化生活在农业及其相关社会领域的具体体现。

表 1 数字农业的网络环境要求

网络环境	功能描述	举 例
硬件网络环境	信息终端、网络结点构成的网络平台上物理和虚拟通信链的连通性	各类通信终端 数据/电信通信网络
数据软件网络环境	网络平台上各类信息的采集、存储、传输和管理的通畅性 通常需要对给类信息进行分类,并利用相应的软件实现其分布式数据的采集、管理与发布	分布式数据库管理系统 分布式信息处理系统 分布式信息采集系统
应用服务网络环境	在信息共享的前提下,不同社会职能的单元,(联合)提供、使用针对性的信息服务平台与服务项目,以达到强化、发展其自身职能的目的	公益/增值型发布服务 管理部门的横纵向数据共享与交换 各类预测模型、专家系统、生产控制系统以及电子商务平台

2.2 通信网络环境

数字农业的硬件网络环境的主要功用是要建立和提供数字农业应用的物理通信平台,连接各类信息终端,采集和传输含有相关信息的信息(语音、文字、数据、图像、符号等,统称数据),这些信息的传递有赖于采集和传输系统的建立。现代利用现代空间数据采集技术和通信技术,已经完全实现了全球范围内信息的获取和传输^[18]。

2.3 数据与软件网络环境

通信网络建立起的网络通信平台,必须借助软件的功能,才可以在联通的物理线路之上,针对不同领域的应用,传递相关的数据信息,使整个系统成为一个以数据流动贯穿的,系统各组成部分之间相互提供服务,组合起来提供直接面向最终用户的有机整体。也就是说,在进一步来提供应用服务之前,需要对分布在不同地域、职能部门和不同系统内的数据进行采集、整理、分析、加工和传输,需要建立系统内部有效的数据沟通,才可以为用户提供综合性的最终服务。

2.3.1 数据网络环境 数字农业的数据网络环境是指存在于数字农业各个组成元素的内部的、相邻区域的、用来和其他组成元素相互沟通的数据/信息集合,如表 2 所示。这些数据信息存在于数字农业的各类成员所组成的数字农业成员体系:环境、农业个体生产者、农产品生产加工流通企业/组织、农村农业(政府)管理部门、农业科研机构、农业咨询服务提供者等。同时这些数据具备信息基本的特性:流动、时效和增值。

表 2 数字农业的数据

数据分类	数据内容
农业生产的环境数据	气候、生态、地形分布状况、地理信息等
农业生产的状态数据	产量分布状况、动植物生长状况、病害性状等
农业生产过程中的实用技术信息	种养殖、加工技术信息等
农业流通过程的市场信息	供求信息、价格信息等
农业科研数据	试验数据、统计数据、种质资源信息等
农业过程管理数据	农产品的信息编码、农产品供应链的成员信息、生产—加工—流通—消费各环节成员内部过程管理信息等
农业农村发展管理数据	农村基本信息、农业投资信息等

2.3.2 软件网络环境 在计算机刚刚开始普及的年代,一个小程序就可以被称做一个提供最终用户使用的软件,它的运行过程可被当作是一个直接的应用服务(例如进行水稻试验的统计分析)。伴随着计

算机技术、软件工程学的发展和信息增强型服务的日益增加,服务的外延得到新的阐释,最终用户使用的应用服务已经很难用单纯的一个程序提供,通常这样的工作是由若干硬件和软件所组成的具有不同复杂度的系统工程来完成的。

数据信息需要计算机软件系统对其进行有效采集、利用、管理和挖掘,如此就提出了数字农业的软件网络环境需求。软件本身是由开发人员用不同的软件开发工具编写的一套可以被计算机理解和执行的代码,按照通常的分类,可以从简单到复杂分列为四个层次,表3对数字农业软件环境作了举例性质的描述所示。

表3 数字农业软件的层次结构

类 别	举 例
应用软件 (Applications)	* 生物种质资源分析与管理信息系统 * 农业生化过程的数字模拟 * 农村财务管理信息系统 * 农业科技项目管理系统 * 农业投资项目管理系统 *
中间件 (Middleware)	* MetBroker(为各类农业模型访问世界各地的各类型的天气信息数据库和气象站提供一致的访问方法) * GeoBeans * 网站服务器 *
系统软件 (System Software)	* 各类计算机操作系统:如 Windows、Linux、Unix 等 * 各类手持设备操作系统:Windows CE、Palm OS、Symbian OS 等 *
固件 (Firmware)	* 农业现场数据采集设备的控制软件 * 计算机系统初始启动时的动作的 BIOS 软件 *

由表3中的举例可以看出,数字农业的数据网络环境是软件网络环境的载体,在软件网络的支持下完成了对农业数据的采集、存储、传输过程的控制和管理。为进一步提供更为综合复杂的服务提供了基础。我们可以强烈地感觉到软件网络环境在整个数字农业网络环境体系中的重要地位,也同样可以明显地看到数据与软件在提供服务过程中不可分割的紧密联系。

2.3.3 数据软件网络环境的技术要求 数据网络环境的技术要求相对于通信网络环境并没有十分量化和标准的衡量标准与要求。但是从实用的角度,我们仍然可以对数字农业领域中的数据与软件网络环境作出要求,如表4所示。

表4 数据软件网络环境的技术要求

类 别	说 明
数据网络环境	规范的预案数据结构定义 数据定义与交换格式足够灵活 具有动态可管理性(采集、处理、存储、更新) 最好得到领域内的普遍认可
软件网络环境	可以对各类数据进行处理 可以单独或者为各类的业务需求提供服务 相互之间有可供沟通的开放接口或中间件 提供不同级别的扩展性和安全性,运行稳定

2.4 应用服务网络环境

2.4.1 应用服务网络环境构成 数字农业的应用服务网络环境是用户通过种种服务接口/终端直接使用或可获取的各类服务内容的集合,例如在农业现场利用手持设备进行地理定位,数据采集,发送并立即获取指令反馈;通过网络动态管理监控灌溉系统和调节温度;在超级市场跟踪查询购买商品的生产—加工—流通过程等等,这些都是数字农业网络化应用的典型,都是用户要和一系列的相关联,在不同地域范围的服务系统相沟通——期间有可能会引入相关环节服务的其他用户——获取某种特定的服务功

能。在由地域生产型农业向多元化地域现代农业发展过程中,表5对数字农业领域里的应用服务进行了归纳。

表5 数字农业的应用服务

主要领域	内容举例
平台类	* 知识为基础的农业产前—中—后过程中相关领域的农业信息服务平台 * 农产品安全生产—加工—物流—消费的信息化平台 * 农业信息资源的采集平台和加工后信息的发布平台
管理类	* 政府农业宏观生产经济决策系统 * 政府农业领域投资项目管理系统 * 农村城镇化过程的农村政务管理信息化 * 农村工业化过程中的企业信息化 * 农业生物种质资源的信息化管理和对应的农业生产经济分析 * 农业生态资源管理信息化
应用类	* 农业的种养殖生产过程的监控系统和管理信息化 * 农田生产的实时专家决策系统 * 农业信息化的远程教育应用 * 农业生产或生化过程的数字模拟 * 农业生产过程中的控制与精准实施

2.4.2 应用服务网络环境的技术要求 表5所列的应用服务包含了各种类型,用户获取这些服务的方式基本上是通过操作各类信息终端(PC,手机,电话,电视自动柜员机,机载设备、PDA等)来访问服务提供单元,并获取需要的服务。除了要求本身信息终端的易操作——这一点已经基本在信息终端产品设计和开发的过程中就已经实现——因而对服务模式本身的提供和服务组成元素(硬件、软件系统)之间的协调工作提出了高的要求,可以归结为以下几点:

第一,服务针对性强(如农业科技、市场信息咨询与增值服务);

第二,服务易使用(如网络服务),使用成本低(如精准设备与系统的采购与使用);

第三,拥有市场意识的服务推广和维护(培训、试用、定期维护);

第四,服务过程中易调用相关的其他服务或可供访问的统一门户(如农产品追踪过程中对种质资源信息的透明访问)。

2.5 标准

DA的技术标准涵盖了整个DA三层网络环境的内容,如表6所示。DA的网络环境只有在相关技术标准的作用和规范下,其实施与提供服务才有可能。

表6 数字农业的技术标准

网络环境	技术标准	作用范围
通信网络环境	* 各类电气标准(如RS232系列;IEEE 802.11x系列等) * 各类通信协议栈(如TCP/IP、WAP、CAN等)	* 通信行业
数据/软件网络环境	* 采集数据的存储格式(如现场采集、遥感采集和GPS定位采集) * 数据库的数据字典内容、封装与传输格式(如各类精准操作的公共或专题数据规范) * 高级信息规范(如元数据描述标准、基于OWL描述的领域本体) * 中间件数据的接口规范(如MetBroke、GeoBeans、各类API等) * 与应用相关的规范数据处理方法(如特定生产试验的数据) * 系统模型之间的数据流定义	* 面向应用的行业团体 * 小型试验环境
应用网络环境	* 面向服务的操作规程(如病虫害影像数据的捕捉、田间精准作业的实施等)	* 面向应用 * 区域特色

3 关于DA的动态发展跟踪

3.1 DA领域动态发展一窥

2004年8月,在泰国曼谷召开了“第四届亚洲农业信息联席会议和第二届世界农业计算机和自然资源管理大会”(Joint Conference of the 4th AFITA and 2nd WCCA)。有来自51个国家的研究机构、

院校,非政府组织和产业界代表超过 300 名参加了会议,会议发表了近 150 篇论文,内容涉及 12 个与数字农业发展相关的领域(如表 7 所示)。

表 7 论文发表统计

领域	论文总数	子领域	论文数
数据采集和传输	11	无线和传感网络	6
		现场数据的获取和记录	5
农业信息资源建设	37	图书科学和知识表述	10
		信息资源和数据库	27
数据处理	11	网络计算与 web 服务	11
策略性议题	31	农村发展及政策	26
		吸收和发展	5
应用	76	农业本体服务相关	17
		决策支持/农业管理系统和模型	15
		农业电子商务和生产管理链	11
		信息资源管理	4
		地理信息系统和精确农业	21
		教育和远程学习	8

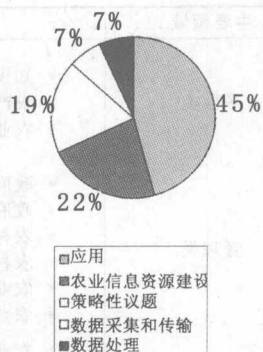


图 3 2004AFITA/WCCA 数字农业研究情况分布

虽然此次会议未对虚拟农业和技术标准进行深入讨论,图 3 的统计结果可以对目前国际上关于“数字农业”的研究应用情况进行一个管窥。统计显示:

- 第一,应用是推动数字农业研究主要力量(45%);
- 第二,信息资源建设和管理是数字农业应用的直接支撑(22%);
- 第三,策略性议题(如消除数字鸿沟、信息服务延伸等),是数字农业应用服务的趋势导向(19%);
- 第四,信息技术是数字农业的实现支撑(14%)。

图 2 所示的 DA 网络环境中涉及到在诸多文献提及的一些关键技术,这些技术通常都是应用网络环境中具体实例的支撑且为众多研究者所熟识,这里不再做具体的详细介绍。对图 3 中的论文分布分析的目的在于突显 DA 三层网络环境的协同性,以及呼应和强调数字农业发展的终极目标是要提供丰富使用的信息服务^[19]。

3.2 关于 DA 领域动态的跟踪

DA 目前尚未建立一套知识体系(Body of Knowledge, DABOK),笔者在执行国家“863”项目子课题“数字农业技术集成与标准研究——数字农业动态跟踪及术语与技术标准汇总”的过程中,强烈地感觉到 DABOK 建立的必要性,原因如下:

第一,作为一项国家战略性的举措,并且涉及诸多的元素协同运作的系统(与对农业相关的要素、过程、领域、水平、社会部门),需要一个清晰的指导性实施框架;

第二,对 DA 领域内的概念集、术语、技术标准、技术实施体系需要清晰和广泛认可的定义和有相对时效的定义^[20];DA 领域发展动态的追踪研究具有明确的方向和目标;

第三,对于搜集整理的各领域的动态信息可以在 DABOK 的架构下,清晰定位发展动向、新技术的引进、新应用的开发。完成数字农业的健康发展。

目前,笔者的研究团队正在试图使用知识本体(Ontology)的方式来构建“数字农业”的知识本体,通过对数字农业进行本体描述,建立数字农业发展的知识网络环境,并为数字农业的发展提供基于语义的知识型信息服务。

4 结语

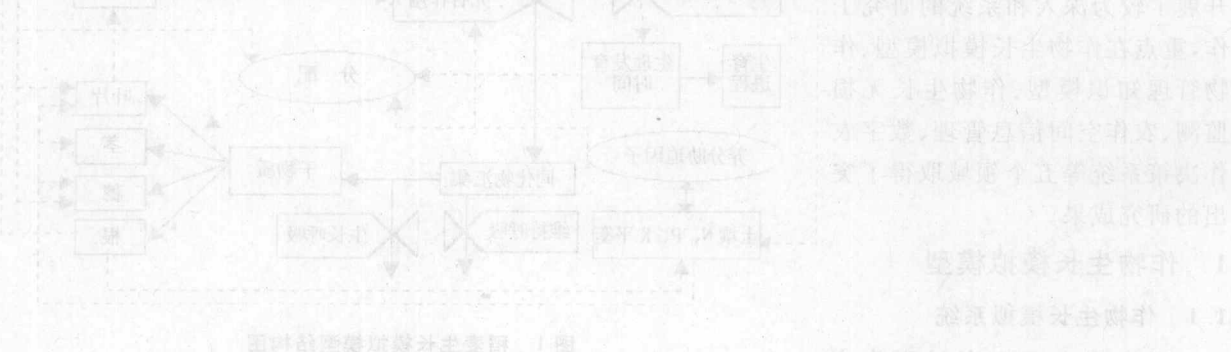
本文突出从数字化网络环境的角度讨论了 DA 的概念,这个网络环境是由不同层面的技术标准来进行规范和集成的,结合 DA 动态发展研究的实际工作,DA 数字化网络环境的概念被进一步引申到知识化网络环境,并且提出通过建立 DA 知识体系(DABOK)来规范性描述这一环境,为未来的数字农业知识化服务奠定基础。

5 致谢

本文研究工作的经费支持来源于国家高技术研究发展计划(863 计划)“数字农业技术与示范重大专项——数字农业技术集成与标准研究——数字农业动态跟踪及术语与技术标准汇总”(2003AA209101)。

参考文献

- [1] J. Bouma, J. S., B. J. van Alphen, and H. W. G. Bootink. Pedology, Precision Agriculture, and the Changing Paradigm of Agricultural Research. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1997. 63: 1768~1777.
- [2] Won Suk Lee, W. S. L., Jung Seob Choe, Jung Seob Choe. Study on Soil Properties and Spectral Characteristics in Florida. in ASAE Annual International Meeting, 2001.
- [3] Achim Dobermann, S. B., Simon E. Cook, and Viacheslav I. Adamchuk. Precision Farming: Challenges and Future Directions. in 4th International Crop Science Congress, 2004.
- [4] Li, R. J. L. a. H. Precision Farming to Improve Water Use, 2003 ;Cited; Available from: http://www.crec.ifas.ufl.edu/Documents/Ency_waterpa_HongLi_2003.
- [5] Institute, S. R. Precision Production of Pigs and Poultry. Cited; Available from: <http://www.sri.bbsrc.ac.uk/news/spring04/precision.htm>, 2004.
- [6] S. E. Taylor, M. W. V., T. E. Grift. Precision Forestry: Operational Tactics For Today And Tomorrow. in International Meeting of the Council on Forest Engineering, 2002.
- [7] S. B. Mansor, M. I. M. a. K. K. K. Y. Precision Fishing. ;Cited; Available from: <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/ps1/ps1011.shtml>, 1998.
- [8] Doug Minchew, S. D. F. T. An Evaluation of the Use of Sound and Behavioral Modification to Improve Harvest and Feeding Efficiencies in Catfish Production. 2003 ;Cited; Available from: http://www.asta.msstate.edu/2001/Projects/Animal/01_22.htm.
- [9] 薛亮. 农业信息化. 信息化丛书. 北京: 京华出版社, 1998.
- [10] Ali Asghar Alesheikh, A. A., Ehsan Mohammadi, AbdolReza Meshkini. Gis as a Solution for Persiah Gulf Resource Management. in XXth ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) Congress. Istanbul, Turkey, 2004.
- [11] Wu, S. T. Q. Z. X. Z. S. L. M. A Conception of Digital Agriculture. in Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS '02. 2002 IEEE International, 2002.
- [12] Birk, R. Global Terrain — Contribution to Digital Agriculture. in NATIONAL REMOTE SENSING APPLICATIONS CONFERENCE AND WORKSHOP. Auburn, Alabama, US, 1999.
- [13] 郑业鲁. 数字地球、数字农业与广东农业发展. 中国青年农业科学年会, 2004.
- [14] 科学技术部农村与社会发展司. 中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会文集, 2003.
- [15] 赵春江. 对中国数字农业技术发展的战略思考. 中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [16] 甘国辉. 数字农业的展望. 中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会, 2003.
- [17] 贾敬敦. 实施数字农业行动, 加快农村小康社会建设步伐. 中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会, 2003.
- [18] Black, U., Emerging Communications Technologies. 2nd ed. Beijing: Qinghua University Press, 1998.
- [19] 石元春. 我国农业信息化发展战略. 中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会, 2003.
- [20] 汪懋华. 关于精细农业试验示范与发展研究的思考. 中国数字农业与农村信息化发展战略研讨会, 2003.



数字农作技术研究进展与发展方向

曹卫星 朱 艳 田永超 姚 霞 刘小军

(南京农业大学江苏省信息农业高技术研究重点实验室 南京 210095)

摘 要:近年,我们围绕数字农作的关键技术及应用系统,开展了较为深入和系统的研究工作,在作物生长模拟模型、作物管理知识模型、作物生长无损监测、农作空间信息管理、数字农作决策系统等五个领域取得了显著的研究进展。数字农作的未来发展将需要综合运用信息管理、自动监测、动态模拟、虚拟现实、知识工程、精确控制、网络通讯等现代信息技术,以农业生产要素与生产过程的信息化数字化为主要研究目标,发展农业资源的信息化与管理、农作状态的自动化监测、农作过程的数字化模拟、农作系统的可视化设计、农作知识的模型化表达、农作管理的精确化控制等关键技术,进一步研制综合性数字农作技术平台与软硬件系统,实现农业系统监测、预测、设计、管理、控制的数字化、精确化、可视化、网络化,从而以农作系统的数字化带动农业产业的信息化。

关键词:数字农作 作物模拟模型 管理知识模型 作物生长监测 农作支持系统

数字农业是用数字化信息技术,对农业所涉及的对象和全过程进行数字化表达、设计、控制和管理,是数字地球的理论及知识在农业上的拓展和深化。由于农业生产系统是整个农业产业中最基础和本质的部分,因此数字农作技术是数字化农业需要研究和发展的基础性和向导性工作,也是数字农业技术研究与应用中的突出标志,是当今信息农业和现代农业发展的前沿领域和必然趋势。

数字农作(Digital Farming)即通过综合运用数字化技术,研究农业生产系统中信息获取、处理、管理和利用的关键技术及相应的应用平台和系统,从而对农作系统过程的信息流实现全面的数字化表达和整合。数字农作具有系统化、模型化、知识化、智能化、可视化、网络化等基本特征。该技术使得农业生产系统从定性理解到定量分析、概念模式到数字模型、专家经验到优化决策,实现定时、定量、定位的数字化和精确化农作信息管理与决策支持。

针对数字农业的发展趋势和应用前景,美国、加拿大、荷兰、英国、法国等发达国家十分重视建立基于农作系统模型和GIS技术的数字化农业生产试验系统,并在示范应用中获得了突出的社会经济和生态效益。与此同时,我国在继续发展和完善农业管理信息系统和农业生产专家系统的同时,在作物生长模拟模型、虚拟植物生长、农情信息监测、精确农作技术等方面也进行了开拓性的研究工作,并取得了良好的成效,见图1。

近年来,围绕数字农作的关键技术及应用系统,江苏省信息农业高技术研究重点试验室组织开展了较为深入和系统的研究工作,重点在作物生长模拟模型、作物管理知识模型、作物生长无损监测、农作空间信息管理、数字农作决策系统等五个领域取得了突出的研究成果。

1 作物生长模拟模型

1.1 作物生长模拟系统

以作物生理生态过程为主线,试验研究与模拟研究相结合,运用系统分析方法和动态模拟技术,构建了小麦、水稻、棉花、油菜等主

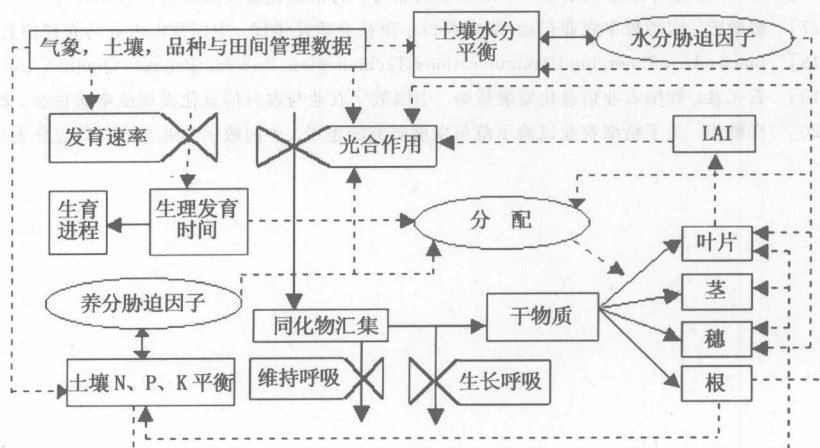


图1 稻麦生长模拟模型结构图

要农作物的阶段发育与生育期子模型、光合生产与物质积累子模型、器官间物质分配与器官生长子模型、产量与品质形成子模型、土壤—作物系统水分(包括干旱和渍水)平衡子模型、氮磷钾养分动态子模型等(图1),并进一步通过子模型的集成和综合,建立了小麦、水稻、棉花、油菜等主要作物生长系统的整体模拟模型,模型在处理 and 描述“土壤—作物—大气”系统的动态过程及量化关系方面具有较强的机理性和解释性以及综合性和预测性,从而为研究不同品种、不同地域、不同年份、不同生长条件下作物生长动态及管理调控技术提供了有效的量化工具,同时模拟模型也可以通过与知识模型及3S技术的结合来实现对作物生产的产量预测和优化管理等。

1.2 作物形态结构建成模拟模型

基于作物生长过程及器官建成规律,结合大量的田间试验观测资料,分析研究了小麦和水稻主要器官的形态变化过程,初步建立了小麦和水稻的形态结构建成模拟模型(图2),包括对叶片(叶长、叶宽、幅宽、叶面积、叶色、茎叶夹角、叶片倾角、叶片衰亡动态等)、茎(茎长、茎粗)、叶鞘(叶鞘长度和颜色)、穗子(穗长、穗宽、穗厚、穗的颜色、芒的形态)等形态变化过程的动态模拟,为在作物生长模型的基础上,进一步构建可视化和数字化作物生长系统奠定了基础。

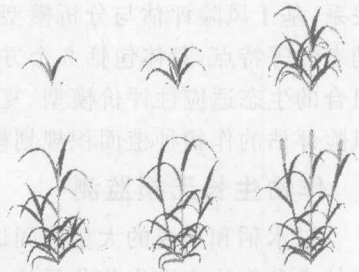


图2 小麦个体生长的虚拟显示

2 作物管理知识模型

2.1 作物栽培管理知识模型

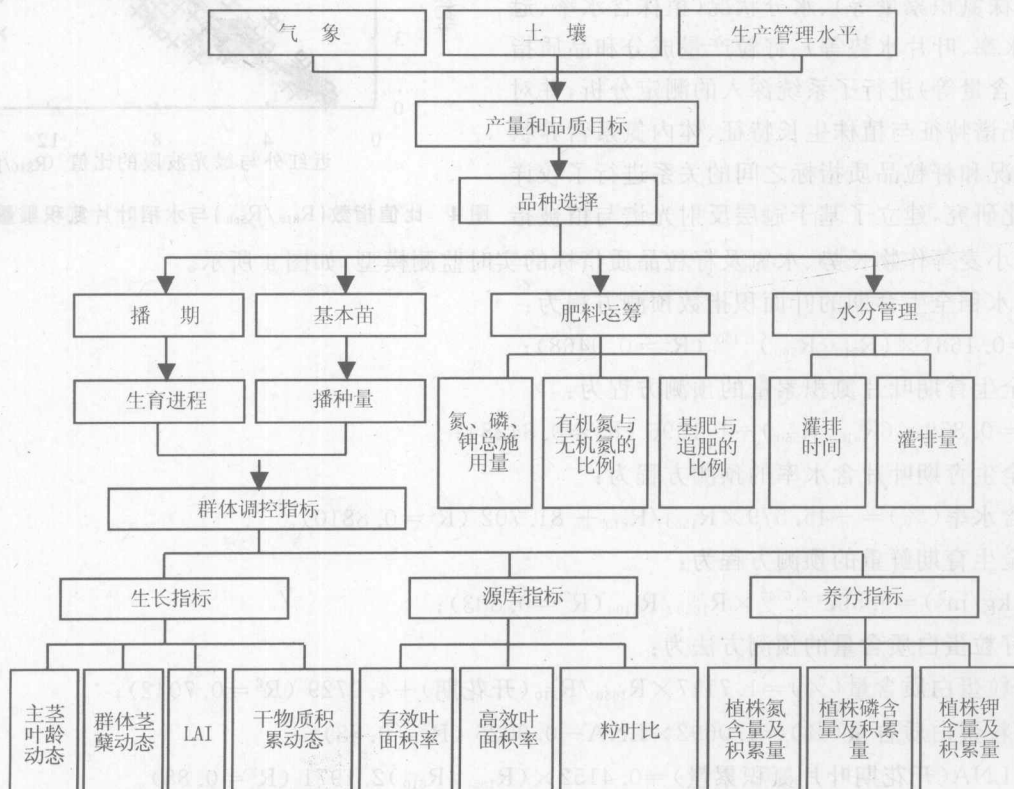


图3 小麦栽培管理知识模型的结构图

通过分析和提炼作物栽培理论与技术方面的大量文献资料,结合田间试验,综合研究解析了小麦、水稻、棉花、油菜等主要作物生育指标与栽培技术指标的地域性和季节性变化规律及量化关系,找出了作物生长发育和产量品质形成指标及栽培管理技术规范与生态环境因子及生产条件之间的量化函数关系,创立了广适性和数字化的作物栽培管理知识模型(图3)。该模型可以为不同条件和不同生产