

我国农业信息化发展战略

〔关键词〕 农业 信息化 智能农业 精确农业

〔中图分类号〕 S2

石元春

(中国农业大学 ,中国科学院、中国工程院两院院士 北京 100094)

信息技术的发展。日新月异。信息技术用于农业,才是近二三十年的事。一面是信息技术不断地展示其魅力和影响,使古老的农业得到新的雨露滋润;一面是农业按其自身特点,形成自己的技术体系,不断应用和丰富着信息技术。

农业是以土、肥、水、光、温、气等自然要素为基本生产资料,从事生命物质生产的产业;是个变量因素很多,时空变异很大的复杂系统;而农业从业者则是信息需求很强而接受力又很弱的群体。这些特点都使农业有别于其他行业,形成了具有自身鲜明特性的农业信息技术体系。它是随着一项项具体信息技术的引入而逐渐形成的,时间还不长,所以在一些概念、内涵,以至名称上尚诸说不一。本文拟以功能为主线,辅以相应技术,提出如下农业信息技术体系的发展框架:农业信息管理(Agri-Information management, AIM),主要基于数字化和数据库技术;地信息监测(Geo-information Monitor, GIM),主要基于遥感、全球定位和地理信息系统(RS、GPS、GIS)技术;精确农业(Precision Agriculture, PA),主要基于RS、GIS、GPS和农业专家系统(AES)技术;智能农业(Intellect Agriculture, IA),主要基于模拟模型、专家系统(AES)和虚拟现实(VR)技术;农业信息服务(Agri-Information service, AIS),主要基于网络技术。

一、关于农业信息管理

信息的采集、处理、存储和管理是信息化的基础。自上世纪70年代,计算机即由单一的计算功能扩展成为信息处理、存储和管理的工具。农业首先是从科技文献的汇集角度涉入信息管理的,如当时的BIOSIS、AGRIS等数据库每年从全球1200多种农业期刊中收存30余万篇文章¹。数据库技术也由数据、文字、表格、图形发展到图像、音频、视频等多种媒体,并实现了与互联网的衔接。随着分子生物学的发展,美国的农业植物基因工程数据库ARS—Genome,法国的畜禽基因图谱数据库INRA,以及大豆、玉米、棉花、水稻等作物的基因数据库也相继建成。目前生物基因数据库数据量每年以10个G字节的速率在递增。

80年代后期,我国初建了“中国农业科技文献数据库”,后来继建的中国作物种质资源信息系统CGRIS,收集了180多种作物的37万份种质信息,是世界最大植物遗传资源库之一。目前我国已有资源环境、农业经济以及作物、果树、昆虫、肥料、土壤等各种专业性的数据库上百种。但在上述数据库建设中,存在着标准化、规范化程度低,共享程度低,人员配备技术水平低,政策法规建设差,投入不足等问题。现正在策划中的“国家科技基础条件建设”计划,正是以共享为核心,拟在数据库的整合、重组和优化的基础上,建成科学数据管理和服务的国家平台,这必将使我国的农业信息管理提升到一个新的水平。

我国地域辽阔,农业的区域性强,故地方性数据库系统的共同参与,对实现互联和共享显得特别重要。此外,农业的不确定因素多,时效性强,航天航空的对地信息量大,加之农业受众分散和接受能力弱的特点,都迫切需要在未来的“国家科技基础条件建设”中,设置专门的、共享式的农业信息管理平台。

二、关于地信息监测

由于土、肥、水、光、温、气等农业生产基本要素的时空变异大、时效性强,所以RS和GIS一经出现,很快就被农业所引用,成为现代农业管理中不可或缺的一种手段,农业也成为这项技术的最大用户。

早在上世纪三四十年代,航空遥感就用于了地形测量。从1972年发射第一颗资源卫星Landsat起,特别是1975~1985年间美国接连发射TM2、TM3、TM4和TM5诸卫星后,使航天遥感异军突起。1986~1998年间法国发射的SPOT-1~SPOT-5将几何分辨率逐步提高到2.5米;美国的IKONOS 1999和Quick Bird(2001年)又分别提高到1米和0.6米,航天遥感的对地信息采集,可说是已达到“无微不至”的程度,采集周期也由16~18天缩短为3~4天,雷达遥感还能做到全天时地采集信息。80年代后期开始的遥感资料商业化,又大大推动了遥感信息的广泛应用。

丰富的地信息催生了 GIS,其术语和概念是 1963 年加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 提出的,他还建立了世界上第一个地理信息系统 (Canadian GIS)。70 年代,智能化和人机对话引入了 GIS,80 年代 GIS 技术趋于成熟,出现了 ARC/INFO、TIGRIS 等具有代表性的软件。数据的标准化和规范化、快速输入、大容量存储、高速运行、高清晰度显示、空间分析模型、决策支持系统等支持环境的发展使 GIS 日臻完善,功能不断扩展。GIS 和 RS 已成为地信息采集和处理的黄金搭档。

GPS 是上世纪 80 年代初美国斥巨资研究的一项在全球任何地点、任何时间获取精确位置数据的技术。这项技术首先应用于军事,1993 年解密后,广泛用于与地学的相关领域。近年来此技术发展很快,定位精度达到亚厘米级 (DGPS),数据获取速度可在 3 秒内,装置的重量与体积与一部手机相仿,而价格下降到万元以内。GPS 对 RS 和 GIS 的数据来源是一个有力的补充。这 3 项技术相互融合补充,整合成“3S”技术,大幅度拓展了各自的应用范围。

我国在 RS 和 GIS 的研究和应用上起步不晚,1976 年召开了全国遥感技术规划会议;1980 年联合国粮农组织 (FAO) 在原北京农业大学举办了农业遥感培训班,随后农业部在此基础上成立了“全国农业遥感培训中心”。1985 年,我国发射了第一颗国土普查卫星,以后又相继发射了多颗遥感卫星。我国还开发了诸如 MAPGIS、GEOMAP、SUPERGIS、GED STAR 等一批自行编制的微机 GIS 软件平台,目前正在研制“面向网络海量空间大型 GIS”,同时也在制定系列化的 GIS 的国家标准、技术规范以及行业应用标准。

“3S”已经是成熟的商业化程度很高的技术,可以在大(全球和全国)、中、小各个尺度上,高精度和短周期地获取和处理农业信息。90 年代初,我国即已成功用于农业气象和灾害测报,资源环境和土地利用状况的调查、动态监测和作物估产。目前我国对全国范围的小麦、玉米、大豆、水稻等 4 种作物的遥感估产已经进入实用业务化运行,精度达 90% 以上^[3]。

三、关于精确农业

Precision Agriculture (PA) 译为精确农业,也有译为精细农业或精准农业,是 10 年前因 GPS 技术的引入才兴起的。

GPS 首先成功用于农业的玉米螟迁飞监测,不久就与 RS、GIS 和 AES 相集成,产生了一个新的、可以在农田上实现精确操作的功能。它能在机具上实时定位地获取数据,以 12m² 为最小单位地识别地形、土壤、作物长势、病虫害等的空间变异,自动生

成优化的耕作、施肥、灌溉、喷药等的操作指令,故早期称为“精确农作”(Precision Farming, PF)。由于它可以明显提高土、肥、水、药等投入的效率,降低成本,提高产品的质量和经济效益,减少对环境的负面影响,故一经出现就深受美国农户的欢迎。

PF 由农田的农事操作很快就传到了畜牧生产以及农产品质量安全的信息采集、处理、动态监测管理等各个方面,因而在概念和名称上,也由 PF 发展到 PA。杰弗里·莱克则进一步延伸为一种“管理策略”和“通用的管理理念”,认为这已是“一种哲学思想、一种理念、一种思维方式,而不能停留在对工具和方法上的理解”^[3]。

PA 刚一兴起,我国农业科技界就予以很大关注,中国农大 1998 年成立了精准农业的研究中心和开放实验室;国家计委于 2000 年批准和实施了“北京小汤山精准农业示范工程”项目;沪、粤、鲁及东北和新疆农垦开展了 PA 试验;上海成立了精准农业技术公司。根据我国国情和农情,在农田空间基础数据和作物生长状况的实时采集上,在智能化变量作业机具的开发上,以及在决策支持系统的技术方面都有很多工作要做,而要做到经济实用和农户接受更非易事。从总体上看,“目前,世界精细农业技术体系的研究与实践,仍处于发展的前期阶段”^[3]。精确化是农业发展的大趋势,当前重要的是 PA 理念建设和加强适合我国国情和区情的 PA 试验研究,探寻相应的技术和设备配置。

四、关于智能农业

从事复杂的生命物质生产的农业,过去一直依赖于经验性的生产与管理,而正是信息技术,为改善这种行业性弱势带来了希望。系统的模拟模型、农业专家系统和虚拟技术等人工智能技术,可以对复杂的农业对象及其过程进行量化和集成、综合和分析,达到科学的认识和决策管理。

系统的模拟模型是人工智能的基础。上世纪六七十年代,就开始了对土壤溶质运移、土壤—植物—大气系统的水循环 (SPAQ) 等进行模拟模型研究,以后又对植物光合、叶片呼吸、气孔活动等作物生理过程,以及农学、园艺、植保、土化、畜牧、兽医等各个学科和领域进行了广泛研究。

随着计算机处理能力的加强,农业专家系统 (AES) 在 80 年代后期得到长足发展。它是在对某项农业生产或管理的各种相关要素和过程的模拟模型、专家的经验以及优化决策 (DSS) 的基础上集成编制而成的软件系统,具有很强的综合性和实用价值。1986 年美国提出了著名的 GOSSYM 棉花生产管理专家系统和以后的 CERES 系统,至 1996 年在荷兰召开的计算机农业应用国际会议上,就已有上百

种 AES 提出⁴。AES 发展的一个重要趋势是它的综合性和实用性,以及它与农业的生态环境和经济的相互结合¹³,如美国在 CERES 基础上发展的 DSSAT、澳大利亚的 APSIM 等,不仅具有很强的农业生态功能,还可用于不同环境条件下的不同作物。AES 在技术上的又一发展趋势是与 GIS 和互联网的联合运用,90 年代美国的 GRASS 堪称这方面的代表作。

上世纪 90 年代初,我国开始了 AES 研究。1996 年,国家 863 计划设置了“智能化农业信息技术应用示范工程”项目,建立了 4 个示范区,后增至 20 个;还建了 5 个 AES 开发平台和开发了 156 个 AES。高亮之等的含稻、麦、棉和玉米多种作物的 CCSODS 系统,在我国 15 个省市的 3 000 多万亩农田得到应用¹⁴。中科院合肥智能所近两年运行的“武陵山地区农业生产决策知识管理系统”,包括了 8 项 AES、3 条农户与龙头企业间的产业链和 11 个应用示范辐射点,体现了 AES 的综合性和密切服务于当前农业需要的发展趋势。

虚拟现实技术可使专家知识与模型量化相互补充,形象地表述 3 维环境条件下作物或畜禽的生长与环境条件间的关系,描述专家的系统推理和辅助决策,用于农田或养殖的生态和生产设计,是智能农业的一项前沿领域。虚拟现实技术在智能农业中的应用,主要集中在虚拟植物的建立,如法国的 AMAP 系统、加拿大的 Vlab 系统。在国内,中国农业大学已建立了虚拟土壤—植物系统实验室,在虚拟玉米方面取得了较好进展¹。

五、关于农业信息服务

现代社会,人际间的信息沟通已不满足于书刊、信邮、电话和传真,而要求超大信息量、快速、高质、多种媒体和交互式。1969 年,美国国防部高级研究计划署(ARPA)建立了世界第一个信息网 ARPAnet;80 年代后期,美国国家科学基金会为使教育和科研能参与而建了 NSFnet,首称因特网;1991 年又成立了商业网络交换协会(CIX)。商业和科教参与,使网上信息流通量骤增,促进了高速光纤网的铺设和与电话、有线电视、交互式计算机网络等系统的并网运行,举世震动的信息高速公路计划(National Information Infrastructure)也就顺理成章地在 1994 年启动了,目前宽带网的数据传输速率可达到 4Gbps。

农业信息网络和服务在我国起步不晚。1996 年农业部率先成立了“中国农业信息网”。到 2001 年,各级各类农业信息网站发展到 2 200 家,信息内容涵盖了农业和农村经济的各个主要方面⁸;农产品的电子商务也开始在东部一些省市发展起来⁹;“中

国农业科技服务网”,即“九亿网”于 2001 年开通;同年,中国农大也开通了农业远程教育网,分布在全国的 19 个教学站,拥有学员 8 000 余人,担负着学历和非学历教育,以及农业从业人员的远程培训。

农业地域性强的特点,决定了处于农业一线的地方网站的重要性。2000 年开通的宝鸡市的农业信息网,包括 9 个农业信息子网、40 个服务站点,一直通到市辖的县乡村和农户、农民协会、龙头企业。为弥补网站之不足,他们还辅以 19 个农业专家大院和农业信息服务电话“农业 110”,并结合市情农情开辟了“8 大重点农业开发项目”、“龙头企业”、“警惕农民上当”等专栏的信息服务。地方网站的最大优势在于能与当地农情及需要紧密结合,这是一般性综合网站所难以替代的。

信息源越丰富、宏观监测越精准、信息管理能力越强、智能化程度越高,信息服务的质量也就越好,即所谓“路上跑的满是车,车上装的都是精品实料”,这是一个服务整体。

不言而喻,农业信息服务是农业信息化的终端,是农业信息化的终极目标,这是信息服务的核心所在。

六、相关的发展战略思考

信息科学的奠基人 C. E. 申农在他著名的“通信的数学理论”一文(1948)中提出了将一切对象的运动抽象为信息的流动过程和变换系统的理论。随着信息论的发展,人们对信息的认识已不仅是一项通信工程,而是观察和处理客观事物及其运动过程的一种方法论,信息已成为与物质和能量相并立的一种概念。

信息的表示方法和基本单位是二进位制的数字符号 bit,可以用数字表示一切对象,数字化地球、数字化北京、数字化汽车、数字化飞机等等;可以用数字表示事物的运动过程以及信息的采集、识别、检测、提取、变换、传递、存储、检索、处理、再生、转化和利用。信息的流动也是 Bit 的流动,“bit 作为信息的 DNA,正迅速取代原子而成为人类社会的基本要素”。¹¹⁰

信息观和信息技术的影响正渗透到人类活动的各个方面,包括众多的学科、所有的产业,以至人类自身的工作、生活和思维方式。它对农业的特殊意义则在于,它将使农业摆脱几千年来经验性、粗放性、局限性和低效率,而转移到数字化、量化、智能化、精确化、高效化和科学化的轨道上来。这是一场极其深刻的革命,是一次使古老和传统的产业搭上信息化时代列车的历史机遇,我们应当在这个高度上去看待农业的信息化。

我国农业信息化起步不晚,也有了个好的开端

和一定的工作基础,但是存在基础设施、标准化程度、组织协调、应用研究、信息服务、人员缺乏和资金投入明显不足等隐忧和问题。我国 2 700 万互联网用户中,农业行业用户只占 1.45%;能通过互联网获取市场和技术信息的用户仅占 0.8%,网上购买生产资料的不足 0.2%,出售农产品的不足 0.5%。对 1 000 农户的调查资料,2001^[1]。

信息化对农业的意义重大。农业转型期的紧迫需求,技术上的良好机遇,应用上的严重滞后,以及发展上的巨大空间与潜力等等,都提示我们,当务之急是要加大推进力度和有一个能适应我国国情和农情的农业信息化发展的宏观战略及布署。为此,笔者试作了如下一些分解性的考虑。

第一类是为提升农业宏观管理水平服务的地信息监测,包括对农业气象和资源环境、气象灾害和生物灾害、土地利用和作物估产等的调查、监测和管理等,其主要的推动力量和主要的用户应是中央和省市级农业领导部门。鉴于 RS 和 GIS 的技术成熟度高和工作基础好,当前的工作重点应放在提高使用部门的主动性和积极性上,并促进使用单位与技术研究单位的紧密结合。

第二类是为提升农业生产过程水平服务的智能农业和精确农业。鉴于以 AES 为主体的人工智能技术已趋于成熟,当前工作的重点应是结合生产实际需要,加大推广应用力度,在应用中继续改进和丰富。AES 的覆盖和影响面宽,用户广,涵盖了农户、农业企业、农业科技企业和农业管理部门。农户是生产一线的最大受众,由于接受能力差而需要“二传手”,因此,各级业务行政部门的组织和推动是非常重要的。精确农业尚处试验研究阶段,当前重在搞好试点、积累经验。

第三类是为提升农业经营管理水平服务的农业信息管理和信息服务。目前的现状是,一方面当前正处于结构调整、产业化经营、商品化程度迅增的农业转型期,信息已成为不可替代和急需的重要技术资源,又是当前农业发展中的重要瓶颈;另一方面,我国数据库和网络技术亦已成熟,有了一定工作基础,宽带网设施已在 20 多个省市通到了乡级。因此,信息管理和信息服务无疑可成为投入少、见效快、造福农民、解困农业的关键之举。当前最需要的是,要审时度势,不失时机地将它推到战略重点的

(上接第 13 页)

[1] M.S. Swanminathan (ed), 1994. *ecotechnology and Rural Employment*. Macmillan India Limited

方炎. 平原农区以沼气为核心的生态家园建设与农业结构调整. 农业部农村经济研究中心——中国农村研究报告. 中国财经出版社 2002

A. R. Hallauer 等 2001. *Specialty Corn*. CRC Press

宝座上去。

用一句话来概括这个战略和布局,那就是:以农业信息服务为纲,带动农业专家系统和宏观监测,全面建设我国农业信息化的技术和服务体系。

农业信息化是以各级农业信息技术人才为基础的,而当前,农业部门,特别是基层农业部门技术人才的匮乏是制约农业信息化发展的重要因素。目前,我国只有 8% 的县拥有大学学历的信息技术人才,农业信息技术人才培养的数量和质量都远不适应需要。实施农业信息化,要将人才培养放在重要位置。

农业的特殊性和复杂性决定了农业信息化是一个长期而艰难的过程,特别是在我国。我们已经走过了 30 年,至少还要走 30 年。如果走得快些和健康些,我国农业的现代化也会建设得快些和健康些。一个数字化、定量化、智能化、精确化、高效化和管理科学化的信息化农业在召唤我们。

(感谢严泰来、李保国两位教授为本研究提供的意见和资料)

参考文献

[1] 石元春. 我国农业信息化的改造. 中国农业科学技术政策, 1996 9~ 12

王人潮, 黄敬峰. 水稻遥感估产. 中国农业出版社, 2002

王懋华. 关于精细农业试验示范与发展研究的思考. 中国农业科技导报, 2003 2, 7~ 12

石元春. 农业呼唤信息技术. 中国科学报, 1998-7-20

Lajpathi R. Ahuja, Liwang Ma, Terry A. Howell. Whole System Integration and Modeling— Essential to Agricultural Science and Technology in the 21st Century, 《Agricultural system Models》, CRC Press LLC, 2002, 1~ 7

高亮之. 国际农业模型研究的最新趋势. 农业模型与数字农业通讯 (内部刊物), 2002 1, 2~ 5

郭焱, 李保国. 虚拟植物的研究进展. 科学通报, 2001 46 4, 608-615

李伟克. 我国“十五”农业信息化发展战略. 第三届中国国际高新技术成果交易会专题报告, 2001-10

付清波. 发展有中国特色的农产品电子商务系统. 第三届中国国际高新技术成果交易会专题报告, 2001-10

葛洛庞帝. 数字化生存. 海南出版社, 1996

(责任编辑 蔡德诚)

闵宗殿. 明清时期太湖地区农业发展的道路. 中国农业博物馆编. 中国农业博物馆建馆十周年论文集. 中国农业科技出版社, 1996

P. B. Johnson 等 2001. *Partnerships in Agricultural Research, Soybeans* partnership success story, NCAUR, USDA

(责任编辑 蔡德诚)