

数字农业与中国农业可持续发展

Digital Agriculture and Sustainable Development of China's Agriculture

刘长岐 甘国辉

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

一、数字农业及其理论基础与构成

1998年1月31日,美国副总统戈尔在加利福尼亚科学中心做的题为《数字地球》的报告,首次提出了《数字地球》的概念,基本内涵是《一种具有海量地理信息、能对地球进行多分辨率三维描述的方式》^{[1][2]}。数字地球概念提出后,很快引起了世界各国政府及专家学者的高度重视,许多专家发展了数字地球的应用领域,相继提出了数字城市、数字国土、数字农业等,其中数字农业是数字地球在农业领域的应用。数字农业(Digital Agriculture)在数字地球概念提出之前也叫精准农业(Precision Farming)、精确农业或信息农业(Information Agriculture),是更广泛意义上的精准农业。美国1993年就开始试行精准农业模式,近几年在其他发达国家如法国、德国、澳大利亚、加拿大等国也得到了迅速发展,目前不少发展中国家也在酝酿实施这一计划。

数字农业的基本含义是指运用数字地球技术,融合遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、计算机网络等技术,根据农田的具体情况,做到《系统诊断、优化配方、技术组装、科学管理》的集约化和信息化的高新技术系统^[3]。数字农业的根本目的是以最少的或最节省的投入,获得最高的经济收益和最佳的环境效益。

数字农业是在信息技术、生物工程技术、自动监控、农艺与农机技术等一系列高新技术基础上发展起来的现代新型农业,即在农业生产过程中应用

一切先进的技术(与农业有关),形成精准选种、精准播种、精准施肥、精准灌溉、动态监控、机械收割以及采后处理的《链条》,以实现最佳投入/产出比,同时能够保护生态环境。应该说数字农业是知识经济时代农业可持续发展的必由之路。

数字农业的理论基础有以下几个方面:地学理论;信息科学与通信理论;系统论与模糊控制理论;神经网络与概率统计;人工智能理论。

数字农业作为一个复杂的巨系统,由7个子系统构成:全球定位系统;农田信息采集系统;农田遥感监测系统;农田地理信息系统;农业专家决策支持系统;自动化农机系统;农场网络管理系统。

数字农业的核心是建立一套完善的农业地理信息系统^[4]。

二、数字农业的支撑科学技术

数字农业建立在现代农业理论以及数字地球的基础之上,融合了RS、GPS、GIS、计算机网络、自动控制等众多新技术。

遥感(RS)技术 遥感(RS)是60年代发展起来的综合性学科,是利用遥感平台,通过光学、红外等各种传感器,远距离不接触目标物体,仅根据接收物体反射或发射的电磁波判定、测量并分析目标物体性质的一种现代化探测技术,包括信息的获取、传输、处理和分析应用等内容。现代遥感是一个多维、多平台、多层次的立体化观测系统,具有周期性、动态性、多光谱等特点,获取的信息可直接以数字方式记录和传送,便于计算机处理。遥感技术在

财政收入的80%以上是用来养人,乡村两级干部收税费其实就是收自己的《口粮》。农民支付的农村行政管理费有多重呢?笔者从湖南、湖北的部分乡镇的调查情况和新闻媒体的反映来看,农民人均负担(包括合法和不合法的负担)亩平均高的达400多元,低的也有300多元;人平均300元左右。《食之者众,生之者寡》。农民的收入要先养这一大批《吃皇

粮》的人员,增收当然更难了。目前我国的《三农》问题严重,可以说是与我国特殊的行政管理体制相辅相成的,而农村行政管理体制与我国的政治体制是一脉相承的。显然我国特殊的农村行政管理体制和政治体制使《三农》问题更加特殊化和复杂化,这是任何一个发达国家在历史上解决《三农》问题时均没有遇到过的问题。(责任编辑 王宏章)

数字农业中将发挥信息采集与动态监测的优势。气象卫星可提供每天天气状况信息,加上测雨雷达,可进行降雨预报;通过高空间和高分辨率遥感影像,可以及时(平均2~3天一次)提供作物长势、水肥状况和病虫害情况,称之为/征兆图0(SymptomMaps),供诊断、决策和估产等使用^[5]。为了定时获取数据,需要反复利用遥感或利用小卫星建立完整的、具有时间序列的数据采集网络。

遥测技术 遥测又称数据收集系统(Data Collection System, DCS),它把在地面上的定位观测站(如气象站、水文站、地震站、生态站、土壤侵蚀监测站等),用直接接触方式记录的传感器接收到的物理量,经过模数转换,由天线把数据发射至卫星上的数据接收器,再经中继卫星或通信卫星集中传输到地面遥测接收站,经处理后制成规范数据供用户使用。遥测技术在数字农业中的应用主要为田间信息实时采集,目前亟待突破的问题是田间信息实时采集装置中涉及土壤水分、肥力(N、P、K)、杂草、病虫害以及作物苗情识别的传感器的开发^[6]。这些信息受自然条件的影响、时空变异性大、实时采集难度高、大量信息的采集和处理耗资费时,尚无有效措施解决,是未来研究的重要方向。

全球定位系统(GPS) 全球定位系统是美国国防部为满足其军事设施高精度导航、定位的要求而建立的一种卫星定位系统。地面上的GPS接收器,只要能同时接收到3颗GPS卫星的信号,就能准确定位(经度、纬度和高程),若能同时接收4颗GPS卫星的信号,就能定位并定时。针对美国的GPS系统,俄罗斯发展了GLONASS系统,从而增强了空间定位技术的潜力。我国也于2001年10月31日成功发射了自行研制的第一颗导航定位卫星))) /北斗导航试验卫星0,并将自行建立第一代能全天候提供导航信息的卫星导航定位系统))) /北斗导航系统0,为公路交通、铁路运输、海上作业等领域提供导航服务,将对我国国民经济建设起到积极的推动作用。20世纪90年代以来,GPS卫星定位和导航技术与现代通信技术相结合,在空间定位技术方面发生了革命性变化。用GPS同时测定三维坐标的方法使测绘定位技术从陆地和近海扩展到整个海洋和外层空间,从静态扩展到动态,从事后处理扩展到实时(或准实时)定位与导航,从而大大拓宽了它的应用范围。近年来,随着GPS技术的迅速发展,美国、英国、加拿大等国开发了与智能化农业机械配套的DGPS(differential GPS)定位系统,它具有12个通道,动态条件下每秒自动提供3D定位数据,并具有与农机智能监控装置的通用标准接口。用于后处理差分校正的DGPS的定位精度可达厘米级^[7]。可用于土壤、苗情、病虫害等的信息采集,通过传感器和网络传输给计算机,从而可以根据田块具体情况

实时调整策略。

地理信息系统(GIS) 地理信息系统是上世纪60年代发展起来的一门介于测绘学、遥感学、地理学、信息科学、管理科学以及计算机科学的新兴边缘学科,是一个/具有空间数据采集、存储、检索、分析、显示和输出功能的综合性技术系统0。从技术角度看,GIS可以实现空间数据管理、空间指标量算、综合分析评价以及模拟预测等功能。GIS作为地球信息科学的重要组成部分、作为数字地球的支撑科学技术,是与人类的生存、发展、进步密切相关的,并越来越受到社会的关注。目前GIS技术的研究热点和今后的发展趋势是:(1)海量地理信息数据的管理与组织;(2)基于数据仓库的地理空间数据挖掘与知识发现;(3)多种地理信息源的系统集成和实时更新;(4)基于Client/Server结构,通过Internet-GIS远程寻找所需要的各种地理数据,包括空间数据(图形和图像),实现各种地理空间分析。GIS将从以数据获取、存储、管理、查询检索功能为主的初级阶段逐步向以空间分析、空间预测、空间决策支持为主的高级阶段转变。

数字农业的核心是建立一套完善的农田地理信息系统^[8],充分利用GIS在空间数据采集与管理方面的能力,融合决策支持系统(Decision Support Systems, DSS)、全球定位系统、遥感、人工智能技术等,建立作物栽培管理的辅助支持系统、投入产出分析模拟模型以及智能专家系统,为决策和管理汇总并分析相关数据,再用于决策支持系统的各类模型中,从而对田间的不同管理区求解结果和制定计划。管理计划要考虑影响农场作业的特殊生物特性和环境特性的变化等,如翻耕、播种、施肥以及病虫害的控制等。产量检测可提供决定性的反馈信息,用于评价和调整下一作物生长周期的管理计划。

自动化农机技术 自动化农机技术主要表现在农业机械的机电一体化上,通过在农业机械(拖拉机、联合收割机等)中装备电子设施,使得这些机械具有智能化特征并且更容易相互联通,从而有利于农田信息的采集,为农业决策提供必须的各种数据。目前智能化农业已经进入商品化阶段,1998年以来,英、美国市场上出现了装有微型计算机、DGPS及传感器的联合收割机,这种机器在田间收获中以秒为单位存储空间位置和对应的平均产量信息,经压缩后存入智能磁卡,再在PC机上读入磁卡数据,建立产量空间分布图,并与GIS平台相结合,进行空间图形的矢量化和聚类处理,生成可用于指导操作的产量分布矢量图^[9]。

计算机网络与数据通信技术 计算机网络的建立和迅速发展彻底改变了人类的生产及生活方式,要实现数字农业更离不开网络技术。通过建立一个局域网、设置一个网络管理中心,可把农场的

各个生产环节连成一个整体,实现农业设施的自动调节和控制。

网络抽样技术 网络抽样是田间采集土壤样本的一种方法。一个网格是田间地图上的一部分。网格大小可随土壤变化、田块大小、抽样价格而变化。网样的样本应尽可能充分地表达田间的变化。卫星图像、空中摄影、土壤地图、田间记录和模拟的应用能减少所需要的样本数量。这些图像特征变化不大,并被认为在某一季节是固定的数据。它还可用于描述或监测需要特别管理措施的环境区域。每一网格单元的样本点由 GPS 定位,几个样本可以直线取样,也可以圆形取样,圆的半径大约是 3m。样本要在实验室里进行分析,测定土壤 pH 值、阳离子交换能力和土壤养份,其结果记录存贮在 GIS 软件和生成的土壤图像中。

作物模拟模型 作物模拟模型对农场经营者在生产季节预测作物产量和分析不同管理实践的结果是非常重要的管理工具。利用这种决策工具,可制定优化作物生长和产量的栽培实验方法,也可用于实验不同的管理方案,并为管理者提供信息,进一步认识气候、土壤类型和栽培实践对成熟期、最终产量和利润的影响。在给出土壤特性的初始数据和农场操作输入如耕作、种植、施肥、灌溉和实时天气数据后,模拟器能预测作物生长季期间的生长发展状况,结合一种经济模块,模型可计算出不同管理方案下的利润。模拟模型用于数字农业时,需首先把一个田块分割成若干个子地块,然后,作物模型被用于田间的每一特定地块。由于作物模拟模型的许多输入数据是参考地理绘图信息,因此,利用 GIS 能改进数据准备的效率。模拟模型首先检索这些数据,再进行模拟,然后把输出结果送回 GIS,以便显示和制定决策。

三、中国农业可持续发展

中国各地的自然条件、社会经济条件差异明显,农业生产水平差距较大。从总体上看,中国农业集约化水平较低,在农业的可持续发展上面临着严峻的挑战:人均占有耕地只有世界平均水平的 1/3;人均水资源只有世界平均水平的 25%;1.3 亿 hm^2 耕地中,具有土壤侵蚀、盐渍化、沙化、潜育化等障碍因子的土壤 0.5 亿 hm^2 ;毁林开荒、坡地滥垦、草地过度放牧使水土流失和沙化仍在扩展;耕地中 59% 缺磷、23% 缺钾,因有机肥施用量的减少而基础肥力普遍下降;未来 10 多年间,300~400 万 hm^2 耕地将被占用,而可垦的后备资源仅约 1 000 万 hm^2 ;化肥中氮的损失率高达 45%;900 万 hm^2 农田已经受到农业化学品的污染;农田污染还祸及河流、湖泊和近海海域,水体富营养化破坏了生态平衡并使环境进一步恶化。

面临可持续发展和国际竞争的严峻挑战,中国农业的根本出路就是实施数字农业战略,以科技、信息兴农。中国农业素有精耕细作的传统,农业现代化必须和这种优良传统相结合^[10]。数字农业保持了和中国精耕细作传统的亲合性,它在本质上也是一种精耕细作型农业,但又和传统的精耕细作农业不同。传统的精耕细作型农业是建立在世代相传的经验基础之上的,是一种在经验指导下的精耕细作型农业;而数字农业是建立在现代科学技术基础之上的,是在一系列最新科技成果指导下、更高层次的精耕细作型农业。另外,任何国家实现现代化的道路,都必须和本国的资源条件相符合,不同的资源条件,决定了不同国家实现现代化的道路及其前进路线。中国是世界上人均资源非常短缺的国家,许多重要资源的人均占有量远低于世界平均水平,因此在实现现代化的过程中,如何最大限度地节省资源、提高资源的使用效率,始终是一个具有全局性的战略课题^[11]。数字农业的一个重要特征,就是强调最大限度地节省资源,重视环境保护和生态平衡,追求以最少的资源耗费获得最大的优质产出和高效益,以保持农业的可持续发展。

应该指出,在中国实施 / 数字农业 0 战略,要比美国、西欧复杂得多、难度也大得多,这是由于中国农田类型多样、农业基础薄弱、农村贫困,在相当长的时期内仍然是小农经济占主导成分。因此,要实施数字农业、实现农业信息化,需要在科学上、技术上和农业基础建设上做出更大努力、付出更多的代价。总之,数字农业既是机遇又是挑战,把握得当,及时推进,中国农业的可持续发展才可以实现。

参考文献

- [1] 叶雷、张超. 数字地球的技术与应用. 科学, 1999(5)
- [2] 周廷刚等. / 数字地球 0 的支撑科学技术及其应用前景. 测绘科技通讯, 1999(7)
- [3] 承继成、易善楨. 数字农业))) 数字地球的应用之一. 地球信息科学, 2000(1)
- [4] 石玉林、齐文虎. 人民日报, 2000 02 5
- [5] 李德仁. 空间信息技术与农业发展. 大自然探索, 1999(1)
- [6] 汪懋华. 信息科技: 农业可持续发展的加速器. 科学时报, 2000 12 18
- [7] 刘世洪. 精准农业的发展现状. 农业科技通讯, 1999(10)
- [8] 刘爱民、封志明. 发展精确农业应有的放矢. 科学时报, 1999 07 21 3
- [9] 石元春. 高技术与中国农业发展. 中外著名专家论中国农业 1949 2030
- [10] 段星辰、徐奎祥. 精准农业))) 有中国特色的现代农业之路. 烟台论坛, 1998(1)
- [11] 梁新明等. 精准农业是知识经济时代农业可持续发展的必由之路. 经济论坛, 1999(8)

(责任编辑 王宏章)