

大力发展“3S”技术,加速实现农业现代化

严泰来 朱德海 张晓东

(中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083)

摘要 目前我国发展“3S”技术在农业应用的相关条件已基本具备,这一领域的研究与实践已经进入高速发展时期。作为农业科技工作者,认识“3S”技术在农业生产中的巨大应用潜力,理解其技术关键,对于发挥高科技的作用,推进我国农业现代化具有重要意义。本文系统介绍我国近年来在这一领域研究与应用的进展、技术内涵,以及学科前沿,旨在响应党中央关于“用信息化促进工业化,用工业化带动信息化”,大力发展农业信息化的号召,并以本文纪念中国农业大学百年校庆。

关键词 “3S”技术;农业信息化;精确农业;信息挖掘

中图分类号 TP 79

文章编号 1007-4333(2005)04-0062-05

文献标识码 A

Developing 3S technology to promote agricultural modernization

Yan Tailai, Zhu Dehai, Zhang Xiaodong

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract The research and practice in the field of 3S technology have stepped into a high-speed era, in view of the somewhat sophisticated condition of the application of 3S technology in today's agriculture of our country. As agricultural researchers, in order to make a better utilization of the high-tech and promote the process of agricultural modernization in China, it is significant to know the potential impact of 3S technology in agricultural production and understand the key technologies. In this article, we systematically introduced the development of researching and practicing and analyzed the advancement of the field to respond the policy of the Central Party Committee of the Party that "promoting industrialization and informationization coactively with IT technology in agriculture in a more effective way". We are now sincerely presenting this article to celebrate the great ceremony of the hundredth anniversary of China Agricultural University.

Key words 3S technology; agricultural information; precision agriculture; information excavation

信息技术是包括农业在内的各行各业实现现代化的基本支撑技术之一。农业是生产生命物质的国民经济的基本产业,是一个受着自然与社会诸多因素制约的弱质型产业,由此决定着这项产业格外需要信息与信息技术的支持:以信息与信息技术为支撑,根据社会需求,指导农业各领域的产前规划决策;根据作物或畜禽状况以及它们所处的环境,精细管理与调度产中的生产技术措施与相应物质;根据市场状况,选择确定产后农产品储藏措施与销售策略,如此等等。农业生产的产前、产中及产后都离不开信息与信息技术的支持。

在诸多的信息技术门类中,“3S”技术,即遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)3项技术及其技术集成,是支持农业生产、农业管理以及农业科学研究的主要信息技术之一,它可以客观、及时、准确提供自然生态、社会、农情等诸多方面的宏观、中观的信息,这些信息是科学指导、管理农业生产的依据。

本文介绍近期国内在“3S”技术农业应用方面的新近进展、主要技术内涵和技术前沿问题,供技术开发者与使用者研究讨论。

收稿日期: 2005-07-26

作者简介: 严泰来,教授,博士生导师,主要从事农业信息系统研究。

1 我国“3S”技术农业应用方面的新进展

近年来“3S”技术在国际上发展迅速,农业是“3S”技术应用的重要领域。我国以“3S”技术作为推动农业信息化的一个突破口,取得了长足的进步。

1.1 支持土地管理、耕地保护

土地是发展农业的基本条件。自改革开放以来,随着国民经济的高速增长,各行各业纷纷索取土地,谋求发展空间,大量侵占农田,全国耕地面积逐年锐减,对农业生产构成了严重威胁。国家制定了“合理利用每一寸土地,切实保护耕地”的国策,强化了土地利用管制,实行了世界上最严格的土地管理制度,耕地面积逐年锐减的势头有所遏制。而“3S”技术正是实施土地管理制度的关键技术保障。遥感技术以其快速、大面积、准确、客观的技术优势为土地利用监测提供数据源;GPS以其高精度、便捷、低价的技术特点为土地测量、地籍测量提供技术手段;而GIS集成遥感数据、GPS数据、地面调查数据以及各种文档数据于一体,全面管理、分析数据,为土地管理行政执法、耕地保护、土地利用规划与土地整理搭建了强有力的技术平台。遥感影像作为信息数据源,其分辨率达到2.5 m(SPOT5)、1 m(EKONOS)、甚至0.6 m(Quick Bird),现已普遍用于各省市的土地利用调查,一些省市用2.5 m分辨率影像数据覆盖数万、甚至数十万平方公里的整个行政区地域;GPS作为点位数据测试手段,其测量精度达到5 m、甚至0.5 mm(DGPS),可以用来做地籍测量、大地测量,该项技术已经在基层部门迅速普及;GIS软件平台已经有国产化的系列产品,从而打破了外国产品在中国IT市场的一统天下,以此平台构建或支持的地籍管理信息系统、土地利用规划系统、国土资源电子政务系统纷纷替代了国外软件系统,基层国土资源部门、农林、水利部门竞相使用国产软件平台开发实用系统。目前,我国80%以上的县市已经程度不同地开发、使用“3S”技术,用于国土资源管理。

1.2 精确农业(Precision agriculture)

所谓精确农业是指在及时、自动获取田间作物及其生长环境信息的情况下,定位、定量、定时地实施耕作、施肥、灌溉及杀虫,以最大限度地提高生产效率,减少环境污染。精确农业技术中,自动获取作物及作物环境信息是其技术的关键:遥感技术提供每一地面单元的作物营养状况信息;GPS配合其他

测试手段,将田间测试的数据准确定位,并将遥感影像数据精准校正;而GIS将各种数据统一管理,支持作物营养诊断模型,对田间每一作业单元给出施肥、灌溉及杀虫配方,自动控制农机具,精准进行农田作业。这套技术包含有多种模式,这些模式可供各地根据不同的自然条件与社会经济条件,因地制宜地选取某种模式,以改进现有的农业生产技术。从上世纪末,精确农业技术已经在我国北京、新疆、黑龙江、广东等地进行中规模的试验,涌现出一批试验技术成果,部分成果,如遥感农情诊断技术,GIS支持下的精耕细作技术,已经用于大面积的农业生产。精确农业技术代表现代农业生产的一个方向,是多项高新技术的综合,这套技术将使传统的农业生产技术产生巨大的变革。

1.3 农业减灾、防灾

农业生产受着多种自然条件、人为外在条件的胁迫与影响,这些胁迫与影响严重到一定程度就形成灾害,如旱灾、涝灾、火灾、污染、蝗灾、畜禽病疫等等农业灾害。“3S”技术以其大面积、快速、准确获取地面多种信息的技术优势为农业生产的减灾、救灾提供强有力的技术手段。近年来遥感技术在几何分辨率、光谱分辨率、辐射分辨率、时间分辨率方面获得了全方位、大幅度的提高,特别是后3种分辨率的提高对于农业应用意义尤为重要。中国农业大学、中国农科院、中科院等多家单位使用MODIS卫星遥感(36个波段;250、500、1 000 m分辨率;同一地区每天两景影像)结合GIS技术,监测与分析旱灾、火灾等多种农业灾情;农业部门发挥雷达遥感全天候、全天时以及谐振效应,集成GPS、GIS技术,监测水灾、蝗灾(C波段),辅助指挥抗灾救灾;中国农业大学与农业部门联合利用GPS与GIS技术,研究禽流感的传播规律,辅助决策应对措施;气象部门与国土资源部门联合,在广东、云南等地利用“3S”技术预报泥石流,维护农民群众生命财产的安全;中科院以及水产部门使用MODIS卫星遥感数据,预报及监测赤潮,减少赤潮对海洋养殖业的损失;中科院、武汉大学、河海大学等多家单位利用“3S”技术监测湖泊富营养化污染,辅助污染治理,等等,反映着我国在“3S”技术农业应用领域已经达到相当的深度与广度。

1.4 农作物估产与农情监测

在世界经济全球化大潮下,全国范围农作物估产的准确与及时对于在国际农业市场中赢得主动具

有十分重要的意义。每年中国农作物的产量对于国际农产品市场价格的趋向具有举足轻重的作用,世界产粮大国都在关注中国农作物的生产。党中央、国务院以及农业部门极其重视各地的农作物长势以及产量的信息,这些信息对于国家的农业生产宏观调控也具有十分重要的意义。“3S”技术的技术特点正适合于进行大面积的农情监测以及农作物估产,这项工作是“3S”技术在我国最早投入实际应用的领域之一。从20世纪末,我国四大主要作物,即小麦、玉米、水稻、棉花的遥感估产已经进入运行化作业。经过多年的研究与发展,以遥感为主要技术手段的作物估产作业所提供的信息呈多元化趋势:不但全国范围实施作物估产,而且各省、进而一些县市也实施作物估产;估产作物扩大到非主要作物,如大豆、油菜等大宗经济作物也实施遥感估产;在估产的同时,附带可提供作物歉收的地区及歉收原因等多种信息。估产使用的遥感技术手段从可见光-多光谱遥感扩展到雷达遥感,解决了南方多云使可见光-多光谱遥感无法获取影像信息的技术困难;技术方法也从抽样、估测当年与前一年产量的变化比率发展为多种模式,估产的精度、可靠性、及时性都得到大幅度的提高。目前,我国遥感估产已经基本上替代了传统的行政统计的作物估产。

“3S”技术获取的农情信息、农业灾害信息汇同农业市场信息,农业部门通过计算机网络向各地基层广泛及时地传播,协助农民、涉农企业进行生产决策。目前,国家投资建设的计算机网络已经联通了全国2100多个县市,广大农民由此获得了巨大的实际利益。

2 “3S”技术的基础技术内涵与发展趋势

“3S”技术是集成计算机信息科学与技术、数学、计量光谱学、辐射物理学、几何与物理光学、测量学等科学与技术于一体的综合性技术门类。分析与了解这一技术应用的基础技术内涵、技术前沿以及发展趋势对于深层次地开发与这门技术、发挥这门技术在农业现代化建设中的作用具有重要意义。

2.1 空间信息数据表达技术

“3S”技术的工作对象是地球表面,信息技术需要将地球表面每一点或每一地物在数据库中设定一个存储单元。地球是一个不规则几何体,这就决定着准确与精确表达地球表面空间信息的复杂性。目

前,地图学是将地球表面近似模拟为一个旋转椭球面,为将旋转椭球面这一不可展面近似地展成平面,一般采用二次投影的方法,即将地球表面地物位置投影到一个可展面上,可展面可以是圆锥面、圆柱面或直接就是一个平面,然后将这种可展面展开,按比例缩小,形成各种比例尺地图。为减少这种投影误差,又采取将地球表面按经度分割,每6度或每3度分为一个投影带。每一投影带在地球上对应为一个贯穿南北的纺锤形区域。这种方法引发出投影带之间的衔接问题,原则上2个投影带是不能衔接的,一个地区跨在2个投影带的接边地带,一般采取将一个投影带的坐标转换到另一个投影带,转换模型十分复杂,而且带来误差。对于覆盖大面积的图件,可以采取用经纬度(精确到“秒”以下)分割的基本单元进行存储,显然处于不同纬度的这种存储单元的面积是不等的。这种存储方式的优点非常明显,它可以“无缝”地将全球地物空间信息统一存储与组织在一起,但它与多种投影方式下的信息数据之间的数学关系十分复杂,构建这种关系属于学科前沿。

2.2 全球定位测量技术

GPS技术的发明是20世纪后期空间测量技术的一个重大突破,它运用无线电伪随机码测量或载波测量技术,在计算机技术支持下,使用专项卫星系列,全天时对地面任意点位进行三维测量,测量精度可以达到常规传统的大地测量手段的最高精度(亚毫米级),而便捷、快速、自动等性能远远超过传统测量手段。它的工作原理基本上可以作如下表述:将待测点位X、Y、Z坐标以及t时间参变量4个值作为未知数,解算待测点与4颗卫星的距离方程,而卫星的太空位置由地面站根据卫星轨道参数以及实时观测解算得到,由此获得待测点的点位坐标。运用无线电脉冲技术、数值计算技术,排除系统的多种误差是这项高精度空间测量的关键技术;而使用2台全球定位测量仪器运用差分技术以排除系统误差与偶然误差,是将测试精度提高2个数量级的技术关键。目前,改进其测量响应时间、与其他技术“无缝”集成是该项技术开发的主攻方向。

2.3 信息提取技术

有学者指出,遥感技术提供的影像数据是一种“病态”数据(李小文,2000)。这就是说,从遥感影像数据提取其包含的信息在理论与实践上具有很大的复杂性与挑战性。遥感是根据地物反射与自身辐射的光谱分波段分别成像的技术。地物由于其理化性

质以及所处的状态不同,致使对太阳光的反射与自身辐射的光谱特性曲线不同。遥感精细地分波段成像,人们根据同一景但不同幅(波段)影像或若干幅影像的组合就有可能将各种地物区分识别出来。这就是遥感技术的基本原理。人们寄希望从遥感影像提取的地物信息有2种,一种为显性信息,如地块几何形状、由地物阴影呈现的地貌以及由色调反映的地物种类,即森林、水体、建筑物等;另一种为隐性信息,如土壤湿度、地表生物量、地面温度等。遥感成像过程中存在种种干扰,其中包括有系统的因素,如摄像镜头姿态不正确,成像时间的误差等;也包括偶然的因素,如地面局部区域上空大气的扰动、传感器的热噪声信号等,致使遥感影像无论在几何位置还是光谱分布都要发生种种畸变,这就是遥感影像数据“病态”之所在。遥感图像处理就其实质,就是将影像数据的种种“病态”加以“扶正”,根据地物的几何与光谱特征,从中提取相关信息的过程。随着遥感传感器的不断改进与变化和人们对信息需求的深化,计算机遥感图像处理方法的研究一直要延续下去。目前对于高几何分辨率遥感影像 EKONOS(1 m)、Quick Bird(0.6 m)以及对于高光谱分辨率遥感影像 MODIS(36 波段)的图像处理方法研究正在普遍展开,就是一个例证。

2.4 信息的综合与空间分析技术

人们用遥感手段以及地面调查获取了巨额数量的信息数据,其中包括影像数据、图形数据以及属性数据,实际需要将这些种类不同、彼此又有紧密关系的数据在计算机中存储与管理起来,并根据需要进行各种自动空间分析,如缓冲区分析、地形地貌分析、插值分析、最短路径分析、图件叠加分析等,这就是GIS技术的基本任务。为此,GIS技术需要解决2个问题:数据一致性问题与数据索引问题。地学数据是动态数据,地表各种地物以及各种用地类型呈连续分布,一个地物边界的更改要牵动周边相关地物形状的变化,这就是需要系统在动态情况下自动保持数据一致性。地学数据是海量的,由一类数据快速、准确检索其相关数据或另一类数据,进一步根据时间序列检索相应地物或地类的图形、图像数据,这就需要系统建立科学合理的数据索引机制。GIS技术是“3S”技术将信息经提取与分析交付使用的最后一个环节。目前,国外有不少技术产品,国内也有一些产品。GIS软件平台的改进以及多行业应用系统的开发是这一技术领域的研究趋势。

3 “3S”技术需要解决的几个学科前沿问题

3.1 数据不确定性问题

地学信息数据往往带有不确定性。造成这种不确定性有多方面的原因,测量尺度或测量精度的不同是其中的一个原因。二维空间中线状地物的长度随测量尺度的不同,其测量结果就不同,海岸线长度的测量就是一例;三维空间中面状地物的表面积随测量尺度的不同,其测量结果也不同,山体表面积的测量就是一例。地球这样一个不规则的表面又为地学信息数据不确定性增加一个难以控制的因素。地学信息数据往往没有真值。在计算机已经普及的今天,用计算机计算一个数据是不难的,但是,对于用各种测量方法获取并经计算机处理过的数据,特别是大尺度数据,检验其精确度与可信度就成为一个需要解决的实际问题。如何从不确定数据中找到能够确定的范围,分数维的思想为解决这种数据不确定性问题带来了一条思路,但还有大量的理论与实际问题需要解决。

3.2 数据结构问题,包括带时间维的多维数据结构问题

随着“3S”技术应用的深入,人们对其功能要求就越高。以下与数据结构有关的问题提出来了:空间拓扑关系的表达;时间维数据的参与又引出时间拓扑的问题;将关系复杂的时空数据与门类繁杂的属性数据统一用关系型数据结构表达的问题,等等。现在人们要求将不同比例尺的数据存储在一个数据(仓库)进行统一管理,因此不同比例尺数据的拓扑一致性、空间协调性等问题在设计数据结构时也应作通盘考虑。

3.3 数据压缩与数据更新淘汰问题

由于数据采集手段的改进、人们对数据精度要求的提高、数据不断的积累等多种原因,地学信息数据,包括遥感数据、测绘数据、各种文档数据等等,在以几何级数的增长态势迅速增长着,而计算机数据存储空间却是以算术级数的态势增加,势必要有一天数据存储空间容纳不下巨额的地学信息数据。地学信息空间数据压缩技术需要研究,其中包括网格格式数据的无损压缩与有损压缩、矢量格式数据的压缩等。但是数据压缩所节约的数据存储空间总还是有限的,不能解决全部问题,更重要的是要研究数据更新淘汰的问题。新陈代谢、吐故纳新是事物发展的普遍规律,地学信息数据库也不例外。问题是

以什么原则淘汰什么样的数据,需要具体问题具体研究。这里既有技术问题,又有理念问题,还有国家数据管理政策的问题。

3.4 计算机网络上不同软件系统之间的交互式互操作、语义化操作问题

系统实现计算机网络上不同软件系统之间的交互式互操作、语义化操作是大型复杂系统软件智能化的必要条件,又是使“3S”技术功能“个性化”的前提。“3S”技术应用层面复杂,用户的要求多种多样,实现真正意义上的“个性化”服务还有大量的研究工作需要做,其中包括各种用户功能需求的研究、系统功能模块“粒度”大小以及模块组合与分解的研究、系统语言语法规则的研究等等。

3.5 网格格式全球空间信息的表达问题

GIS空间数据的基本数据格式分为矢量格式与网格格式2种。目前2种数据格式并存,矢量格式还占有相当的优势。但是,矢量格式带有难以克服的技术缺陷,主要缺陷有:数据结构复杂、数据一致性维护困难、图幅数据接边困难、多幅图件叠加空间分析程序复杂、全球空间信息统一表达在理论上存在问题、不同软件平台的数据难以兼容,等等。这些缺陷带有根本的性质。而网格格式正好相反,这种数据格式最大的特点就是数据结构简单,因而以上列举的矢量格式数据的缺陷在网格格式中不能说完全没有,而是不严重,有些就不存在。全球空间信息统一表达在网格格式中也是有问题的,但如果打破传统网格格式中要求每个网格对应地面面积相等的限制,将这种网格与地球经纬网联系起来,这个问题就有可能得到解决。全球空间信息统一表达的问题已经有人作为“3S”技术前沿问题提出来了(林宗坚,2000)。

3.6 空间数据的信息挖掘问题

实际的“3S”技术存储的数据隐含着大量的地学信息,如何从浩繁的数据中将这深层次的信息“挖掘”出来又是“3S”技术需要研究解决的问题。事实上,不少人对这个问题已经做过研究。比如,有

人对于我国各个耕地图斑重心位置的坐标值每年做了平均计算,发现近10年来全国总体耕地图斑的重心向西北方向移动了50m,而且近几年移动速度有加快的趋势。由此说明我国耕地总体上在向西北方向移动,移动速度的快慢体现了土地开发的力度。又比如,有人利用一个地区各个图斑的周长面积比的平均值来衡量这个地区土地开发的程度,发现城市周边主体开发的方向,评价总体开发的合理程度;也有人从城市各种商业网点布局发现一些有用的经济现象,如此等等,不胜枚举。信息挖掘需要“挖掘者”不但具有驾驭GIS空间分析功能的能力,而且还更需要具有较深的经济地理、资源环境等方面的专业知识。

4 结 语

实际比理论要复杂得多;事实上,理论只是实际的简化,农业生产的实际尤为复杂。农业生产实际对于“3S”技术的要求很高,很多问题对“3S”技术具有很大的挑战性。现在研究、开发、应用“3S”技术的基本条件,包括计算机软硬件设备条件、数据条件都已经基本具备,关键是需要我们深入实际,发现问题,提出问题,解决技术应用于实际的理念问题,我们就可以发挥“3S”的技术优势,为推动我国农业信息化、现代化做出贡献。

参 考 文 献

- [1] 东凯,方裕. 空间数据库模型概念与结构研究[J]. 地理信息世界,2004,2(2)
- [2] 承继成,郭华东,史文中,等. 遥感数据的不确定性问题[M]. 北京:科学出版社,2004
- [3] 千怀遂,孙九林,等. 地球信息科学的前沿与发展趋势[J]. 地理与地理信息科学,2004(2)
- [4] 严泰来,崔小刚. 地理信息系统的几个学科前沿问题[J]. 国土资源信息化,2004(4)
- [5] 严泰来,王晓娜. 土地信息系统中的信息挖掘[J]. 中国土地科学,2003(5)