

“三S”技术在持续农业与山区土地利用中的应用

F313.1
S-39

赵其国

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 文章对“三S”技术的意义与发展,“三S”技术在持续农业与山区土地利用中的应用进行了论述,并对国际山地综合研究中心(ICIMOD)在HKH地区开展“三S”的综合研究提出了初步建议。

关键词 “三S”技术;持续农业;精细农业; RS, GPS, GIS, 土地利用, 山区

持续农业与山区土地利用问题是全球可持续发展的基本问题之一。作为对地观测高新技术发展起来的遥感(RS)、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)三大技术,既可在农业持续发展如农田资源监测、农作物估产及精细农业等方面获得广泛应用,而且还可在山区土地利用中如山区土地资源监测、土壤侵蚀及退化防治、山地自然灾害监控与评估等方面发挥巨大作用,近年来,这种新技术的应用,已为全球所关注。印度-库希-喜马拉雅(HKH)地区是世界最高的山区,该区涉及8个国家,延伸距离达3500公里,人口1.2亿,因此,针对高山特点,通过“三S”技术研究该区农业发展与土地利用,这对整个山区经济的持续发展具有重要的理论与实际意义。

1 “三S”技术的意义与发展

所谓“三S”技术,是指对地观测的3种空间高新技术系统,遥感(RS)、全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)。实际上还应包括现代通讯技术,才能实现实时数据传输与通讯,使“三S”技术有机地集成起来。

1.1 遥感(RS)技术

遥感(Remote Sensing)的含义是在远离目标,与目标不直接接触的情况下,判定、量测并分析目标的性质。当前遥感技术正在不断发展并将进入新的阶段,这主要表现在它的多传感器、高分辨率和多时相特性3个方面。

1. 多传感器技术 已能全面覆盖大气窗口的所有部分。光学遥感包含可见光、近红外和短波红外区域,主要探测目标物的反射和散射。热红外遥感的波长可从8~14 μm ,主要探测目标物的发射率和温度等辐射特性。微波遥感观测目标物电磁波的辐射和散射,分被动微波遥感和主动微波遥感,波长范围为1mm~100cm,被动遥感主要探测目标物散射率和温度,主动微波遥感通过合成孔径雷达(SAR),探测目标物的反向散射系数特征。这些技术进步,比较集中反映在美国NASA提出的MTPE(Mission to Planet Earth)中的EOS-AMI和EOS-PMI中。

2. 遥感的高分辨率特点 全国体现在空间分辨率、光谱分辨率和温度分辨率3个方面,长线阵CCD成像扫描仪可以达到1~2m的空间分辨率,成像光谱仪的光谱细分可以达到5

~6nm 的水平。如美国近期的 Lewis 卫星,在 $0.1\mu\text{m}$ ~ $2.56\mu\text{m}$ 波段范围内分成 384 个波段。热红外辐射计的温度分辨率可从 0.5°K 提高到 0.3°K 乃至 0.1°K ,从而可以实现遥感几何和物理的全面反演。

3. 遥感的多时相特征 随着小卫星群计划的推行,可以用 6 颗小卫星,实现每 2~3 天对地表重复一次采样,获得 2~3m 的高分辨率成像光谱仪数据,多波段、多极化方式的雷达卫星,将能解决阴雨多雾情况下的全天候和全天时对地观测,通过卫星遥感及其与机载和车载遥感技术的有机结合,是实现多时相遥感数据获取的有力保证。

综上所述,可以确信,在跨世纪进程中,遥感对地观测将出现前所未有的变化。

1.2 空间定位(GPS)技术

80 年代,尤其是 90 年代以来用 GPS 同时测定三维坐标的方法将测绘定位技术从陆地和近海扩展到整个海洋和外层空层,从静态扩展到动态,从事后处理扩展到实时(准实时)定位与导航,从而大大拓宽了它的应用范围。

根据国内外实践表明,用不同的作业和处理方法,GPS 可以达到各种要求的精度。利用 C/A 码的广播星历,伪距法单点静态定位精度可达到 $\pm 15\sim 20\text{m}$,静态伪距差分可达到 $\pm 2\sim 5\text{m}$ 精度。近年来,各国发展了广域差分 GPS 技术(GPS, WAGPS),从而大大提高实时差分的精度,使之达到 $\pm 1.0\text{m}$ 之内,而且差分距离可由 100km 增加到 1000~1500km。载波相位差分 GPS 还可提供更高的相对定位精度,星载 GPS 接收机,测定在轨及其垂直方向的位置精度 $\pm 10\text{m}$,而高度的测定精度为 $\pm 15\text{m}$ 。美国航天局与法国国家空间研究中心于 1992 年联合发射的 Topex/poseidon 海洋测量卫星,利用星载 GPS 接收机和微波测高仪,以求获得测量海面地形达到 $\pm 5\text{cm}$ 的高精度。我国武汉测绘大学,最近利用多台 GPS 接收机组成的连续实时装置,对大坝的形变进行监测,其精度可达 $\pm 0.5\sim 1\text{mm}$ 。

1.3 地理信息系统(GIS)技术

地理信息系统(GIS)是一种特定而又十分重要的空间信息系统,它是以采集、存贮、管理、分析和描述整个或部分地球表面(包括大气层在内)与空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。

地理信息系统按其范围大小可以分为全球的、区域的和局部的 3 种,范围大的一般分辨率低,反之则高。通常 GIS 主要研究地球表层的若干个要素的空间分布,属于 2~2.5 维 GIS,布满整个三维空间建立的 GIS,是真三维 GIS。一般也常常将数字位置模型(2 维)和数字高程模型(1 维)的结合称为 2+1 维或 3 维,加上时间坐标的 GIS 称为四维 GIS 或动态 GIS。

GIS 技术的发展一方面是基于 Client/Server 结构,即客户机可在其终端上调用在服务器上的数据和程序。另一方面是通过互连网络发展 Internet GIS 或 Web-GIS,可以实现远程寻找所需要的各种地理空间数据,包括图形和图像,而且可以进行各种地理空间分析,这种发展是通过现代通讯技术使 GIS 进一步与信息高速公路相接轨,而且借助于通讯技术,可以将遥感(RS)、全球定位系统(GIP)和地理信息系统(GIS)有机地集成起来,成为各行各业,包括农业持续发展和山地土地利用监测的技术手段。

2 “三S”技术在持续农业中的应用

2.1 农用地资源的监测与保护

农用地数量与质量的变化。可以通过“三S”技术进行监测,具体方法是利用航空像片(大比例尺)、TM影像(中比例尺),并与GIS和GPS相结合,编制出不同时段不同精度的农用地分布现状详图,从而对不同时段不同农用地进行量测,得出不同农地在不同时间内的数量变化,以便对其加以保护。

2.2 农作物的估产和监测

作物估产的内容,一是估算作物种植面积,二是由单产模型、长势遥感监测来确定估产模式,对产量进行估算。

过去常用的方法是联合国粮农组织(FAO)推行的美国农业部(DSDA)的框图面积取样法,即统计估产、气象估产和遥感光谱估产相结合的综合遥感估产法。近年来,采用TM影像的多波段特性和高几何分辨率(30m),在农作区进行提高面积解译精度的研究,同时结合利用NOAA数据对作物面积、单产和长势变化进行估计,将RS和GPS相结合,可取得良好效果。

2.3 “三S”技术在精细农业中的运用

所谓精细农业(Precision Farming 或 Cyberfarm),是指将“三S”、通讯、自动化技术与地学、生态学、农学等相结合的,实现对农作物生长、发育与管理动态信息,并在GPS、GIS集成系统支持下进行田间作业的信息化现代农业。它是21世纪全球农业科技革命的方向。^①

“精细农业”技术研究发展的驱动力,是在所有农业耕地中及时发现作物生长环境和收获产量实际分布的空间差异性和对这种差异性的及时调控。通过“三S”技术可以及时发现和调控这些田块内、田块与田块之间的差异性。从而根据优化经营目标,实施目标投入,实现田内资源潜力的均衡利用。

“三S”技术在精细农业中的作用十分重大,主要体现在:

RS:航空与航天遥感,通过高空间的高光谱分辨率,来及时(平均2~3天一次)地提供农作物长势、水肥状况和病虫害情况,称之为“征兆图”(Symptom Maps),供诊断、决策和估产等使用。为了获取实时数据,需要反复进行航空遥感或利用各个小卫星建立全球数据采集网。

GIS:利用已存贮的土壤背景数据库、农田灌溉、施肥、种子等数据库和新获取的“征兆图”进行分析、作出判断,形成所谓的“诊断图”(Diagnosis Maps),将这些结果与MIS等相结合进行综合分析,结合社会经济信息作出投入产出的估算,提出“实施计划”(Action Plan)。

GPS+GIS:将这种集成系统装在农业机械上,实现农田作业的自动指挥和控制,即开到指定的农田地方去,完成指定的作业,实现因地播种、施肥、除草、灌溉、培土以及收割等工作,为了保证作业的精确性需要建立相应的专题电子地图和广域/局域GPS差分服务网。

在西方国家如美、加、英等国“三S”精细农业已经见诸于试验和使用。这里可以举几个例子。

^① 李德仁“三S”技术与农业发展,武汉测绘科技大学,1997.1~9。

例 1:美国 TASC/WSI 公司的“精细农业遥感”

该公司由 3 个分公司组成:信息获取 20 人,信息处理 25 人,以及信息分析 75 人,目前利用小型机载 Kodak DC460 CCD 相机加上 GPS 和 IMU 像移补偿装置,进行全色、彩色和彩红外摄影。CCD 相机为 3K×2K 尺寸, $f=28\text{mm}$, 像素为 $9\mu\text{m}$ 。每次飞行 3.5 小时,达到 300hm^2 面积,经 48 小时加工后将成品用 CD-ROM 形式向农民提供(几何精度为 0.2~1.0m)。农业技术员和土壤技术员通过实地抽样调查得到了征兆图,供采取对策和行动使用。成本估计约 20 美分/英亩,已在美国 5 个农业为主的州里推广使用。

例 2:美国 GER 公司的 GEROS 计划

这是一个美籍华人公司所提出的农业监测小卫星计划。计划由 6 颗小卫星组成,每颗卫星扫描带宽为 120km,组合在一起,重访周期为 3 天左右,主要装有可见光、短波红外两种遥感器、从第三颗卫星起,再装上一台热红外扫描仪收获获取地表温度等信息,用于农作物长势、病虫害、水旱灾监测,为“精细农业”服务,收费估计为每亩一美元。目前该公司正在四方筹集资金,美国的休斯和洛克希德-马丁公司可能投资参预。

3 “三 S”技术在山区土地利用中的应用

山区地势高,坡度大,地块分割,因此采用“三 S”技术对山区土地利用进行监测评价,是重要途径。

3.1 建立山区土地利用与覆被(Cover)动态监测信息系统^[1]

山区土地利用状况具有明显的时空特征,只有动态地研究山区土地的时间与空间变化规律,才能真正对山地利用进行区域监控与保护。过去用 GIS 进行制图或显示查询,只能阐明土地利用地理信息的空间维度和属性维度。而不能反应其时间维度,这种 GIS 叫 SGIS (Static GIS—静态 GIS);而能够同时处理时间维度的 GIS 叫多时态 GIS (Temporal GIS—TGIS)。因此,建立山区土地利用与覆被时空动态变化的信息系统应该是一个“TGIS”。

TGIS 是 GIS 领域的研究前沿,当前还没有一个较成熟的 TGIS 数据模型,因此面对建立这种信息系统的重要性与紧迫性,当前各个地区正在用 TGIS 技术在 SGIS 中实现 TGIS 的功能,并通过多时态空间信息数据模型的研究,完成土地利用与覆被动态监测信息系统的建立。尽管如此,这是今后山区土地利用动态监测研究的重要方向。

3.2 山区土壤侵蚀与土地退化监控研究

山区土壤侵蚀与土地退化对区域生态环境的影响关系重大,首先利用“三 S”技术进行有效综合,可精确监测地表土壤的年流失量。这是反映山区土壤侵蚀与土地退化的重要依据。首先用 RS 获得最新的地表植被、作物等覆被信息,然后用 GIS 根据土壤、土地利用、地形高程和降雨资料等所形成的土壤可蚀性、地形坡高、坡长、降雨侵蚀力等因子信息进行有效地结合,输入监测模型及其软件系统进行运算,就可获得地表每个 Pixel ($30\times 30\text{m}^2$) 流入河槽水域的年流失量。这种用 RS 与 GIS 相结合的方法一般只能达到 83% 的精度(按我国山东省丘陵水库监测经验)^[2],如在此基础上用 GPS 更新 GIS 所取得的陈旧信息(新修公路,建设开发等),则可达到 90% 以上的精度(我国福建省山区的经验)。

此外,能过“三 S”技术还可编制土壤肥力退化、土壤酸化、土壤污染及土壤石质化与砂化时空变化图,作为山区生态环境变化与调控的重要依据,这对山区特别是 HKH 地区的持

续发展有重要意义。

3.3 “三S”技术在山区减灾工程中的应用

1. 目前GPS在减灾中的应用领域主要有四个方面,一是监测全球板块运动,二是监测区域或板内地壳运动,三是监测全球海平面变化,四是监测滑坡、地面沉降及重大工程的变形。由此可见,HKH地区今后在大力发展GPS技术、监测地表滑坡、地面沉降及工程变形等方面,具有重要意义。

2. 从减灾角度看,目前“RS”技术的主要应用领域是监控地震与震灾损失评估、干旱和洪涝灾害的预测及监控两个方面,这两方面均对HKH地区有重要的现实意义。

3. “GIS”在减灾系统中主要研究地理信息系统数据结构及分析模型两个方面。当前在众多的灾害分析模型中,有可能形成通用的数学地理模型,这将进一步改善现有地理信息系统软件的功能。应用多媒体技术和信息为减灾决策服务,将使遥感和地理信息系统设计与实施产生划时代的影响。这些均是山区土地利用研究中的重要方面。

4 建议

综上所述,兹建议国际山地研究中心(ICIMOD)在印度-库希-喜马拉雅(HKH)地区,开展“三S”持续农业与山地利用的综合研究。

研究内容包括:用于持续农业(精细农业)与山区土地利用信息的新型遥感技术;基础农业与土地利用信息系统的设计与建立方法;GIS支持下农作物与土地利用征兆信息提取和诊断系统研究;山地农业与土地资源遥感动态监测系统与时间序列数据库;遥感、GIS与田间速测数据相结合的山地农田土地信息系统,作物与土地质量诊断系统与专家对策系统;装备空间型山地农田与土地信息系统和对地系统的智能型农业与土地设备和开发(包括播种、灌溉、改土、收获等)。

所涉及到的基础问题有:环境胁迫作用下(水、肥、虫、灾)的遥感机理和遥感标志研究;遥感与GIS的集成对山地作物胁迫及土壤退化的诊断理论;山区作物生长和收获的空间差异机理及遥感定量关系。

为了解决以上的理论与实际问题,必须抓住高光谱、高分辨率、雷达遥感等技术手段和“三S”集成技术等关键技术。

总之,充分利用“三S”技术,推动与发展山区持续农业与土地资源的利用及开发,将对整个HKH地区的生态环境建设与持续发展有重要的理论与实际意义。

参 考 文 献

- 1 王晓栋,崔伟宏.“3S”技术在土地利用与覆被动态监测中的作用.国土与自然资源研究.1998,3:27~31
- 2 卜兆宏等.应用水土流失定量遥感方法监测山东全省山丘区的研究.土壤学报,1999,36(1):1~8
- 3 陈鑫逵,黄立人.GPS、RS、GIS在减灾工程中的应用与发展.国土与自然资源研究.1998,3:78~83