

# 七十年代以来美国土地调查 遥感应用的发展

孙 育 秋

(中国科学院成都地理研究所)

## 一、发展情况综述

第二次世界大战以后,美国的土地利用研究把大量注意力放在城市化及其对土地利用的影响上,许多部门忙于编制土地利用现状图,以便为城市的扩展进行有效的规划,用全色中比例尺航片进行土地利用制图,则是人们公认的收集土地利用信息的合适方法。从60年代开始,随着航天技术和遥感技术的迅速发展,小比例尺航片和卫星图象已越来越广泛地用于大范围的地球环境和资源调查。同时,计算机技术使得应用遥感资料进行土地利用自动化分类变成了现实。本文将从五个方面介绍美国遥感技术在土地调查方面的发展情况。

### (一) 使用遥感资料建立全国统一的土地利用、土地复盖分类系统

美国的土地资源调查已经形成独立的理论和方法体系,农业部土壤保持局对全国土地进行了八级土地潜力分类。不过,一个理想的适合全国使用的土地利用分类方案还有待解决。1971年初,J.R.安德森提出两个试验性的使用遥感资料的土地利用分类方案,同时发表了分类原则的十条标准。同年,美国内务部地质测量局、国家航空航天局等机构发起成立土地利用信息和分类统筹委员会(ISCLUIC),其目标是发展既能接受常规调查来源资料又能容纳各式遥感资料的国家级土地利用、土地复盖分类系统。在统筹委员会的组织下,以几个分类方案为基础进行了评价分析,终于在1972年产生了最后调查方案,这就是著名的地质测量局方案,英文全名叫A Land Use and Land Cover Classification system for Use with Remote Sensor Data。该系统与着重“人的影响”的《标准土地利用标注手册》系统(1965年由城市建设局和公共道路局联合编制)明显不同。在它的9个一级分类中有8个属于占全国土地总面积95%的广大非城市地区。因此,在使用该系统进行土地利用分类调查中自然会强调“资源分类”。经过应用试验,地质测量局对原先的文本作过若干修订,修订本发表在1976年《地质测量局专业论文》第164号上。

地质测量局土地利用、土地复盖分类方案具备分类命名简明,能传递信息和允许进行类型归并三个特点,该方案的完成,结束了美国土地利用调查长期以来没有统一的分类系统的局面。当然,随着技术的进一步发展,在更广泛的应用实践中继续提炼,特别是就自动数据

分析的使用,修改这一方案则是肯定必要的。

## (二) 在土地调查中各类遥感图象的分类和制图应用

六十年代后期,美国森林局的一些地方部门开始大量使用彩色象片,仅犹他州工程调查制图分部1970年为资源调查就应用了约10万幅彩色航片。不过,红外象片在土地利用土地复盖调查中所表现出的探测能力,更加引人注目。红外摄影用于湿地调查的例子有1971年至1976年期间的纽约州和新泽西州潮汐湿地航空遥感试验、1978年的弗吉尼亚和北卡罗来纳边界大沼泽植被调查以及1979年的田纳西西部湿地调查等,这些调查结果都进行了制图。多光谱扫描资料特别是陆地卫星MSS资料是70年代美国土地资源调查中应用最普遍的遥感资料之一。一些调查单位往往在应用中使用自制的多光谱仪器收集资料。研究表明,多光谱探测识别树种、作物类型、作物成熟状况和牧场植被这些要素的能力是很强的。热红外图象在土地利用分类上的应用也是人们关注的问题。70年代中期,美国空军罗姆航空中心应用这种图象进行计算机土地复盖分类试验,发现将白天拍摄的热红外图象与夜间拍摄的热红外图象结合使用,可以增强判读效果。1978年发射的陆地卫星-3装载有热红外图象试验系统(10.4—12.6微米),不过它产生的图象不太理想。在扫描图象崛起的同时,一种非摄影传感手段——雷达的开发应用也在积极进行。1973年,堪萨斯大学的遥感研究人员用L波段综合孔径雷达图象做过一次作物判别试验,他们使用陆地卫星资料、雷达资料以及两种资料组合使用等三种方式进行作物识别。结果对复盖有麦茬、玉米、休耕地和牧地四个类型的研究区分别获得了67% (卫星资料)、71% (雷达资料) 和85.5% (两种资料组合) 的判读准确率。

70年代以来,美国国内土地调查计划和其它调查计划在遥感技术的推动下蓬勃展开,纽约州计划协调办公室主持的该州土地资源调查和约翰逊空间中心为分析陆地卫星资料价值确立新资源调查体系设置的大规模的学科研究计划就是这一时期较为重要的两次遥感调查活动。实际上,国家一级的土地利用和资源分析计划(LUDA)早在1971年就已经通过并付诸执行。由地质测量局负责1:25万和1:10万国家系列的土地利用、土地复盖图的编制。这项工作得到了航空航天局、农业部土壤保持局和美国地理学家联合会的支持。除上述地图外,该计划还包括由上述数字记录地图信息产生的州级土地利用、土地复盖信息。由于遥感可以用于常规调查难以到达的地域,也由于对湿地价值了解的日益增高,美国联邦部门、州和地方十分关心内陆湿地和海岸湿地的遥感调查研究。除了前面提到过的一些湿地调查例子外,航空航天局密西西比州空间技术实验室在三角洲湿地应用方面做了大量工作,先后完成了对路易斯安娜州密西西比三角洲、佛罗里达州湿地和美国东南海岸塞文纳齐河口湿地的遥感调查。

## (三) 判读技术和方法研究的发展

在遥感图象获取和处理技术取得重大进步的同时,各式图象分析技术也迅速发展起来。归纳起来,包括光电仪器辅助下的人工判读技术和计算机分析技术两类。多光谱图象合成是图象分析判读中用得较多的方法,判读人员可以通过光电仪器显示系统进行合成图象的自动多光谱分析,即人机对话式分析,也可以直接使用由不同波段图象制作的彩色合成图象。伯克利森林分局在70年代初进行的一次森林环境变动调查中,1:100万陆地卫星三波段假彩色合成片就是其主要的工作图象。近年来,美国采用三个不同日期同波段的MSS图象合成一

种新的图象。在光电分析方法中,除彩色合成法外,密度分割、边界增强和专题提取等,也是许多研究和应用部门常用的处理方法。这一时期美国用于遥感图象判读的各种光电仪器类型较多,加利福尼亚空间资料系统公司生产的401/704型资料彩色仪和边界增强仪,就是这类仪器中最普通的一种。

不少研究发现,摄影时间包括陆地卫星飞越季节的选择,对土地资源调查很重要,前面提到的伯克利森林分局在佐治亚州进行的森林环境调查中就注意过这个问题。此外,一些研究还注意到单个日期摄影图象的应用在有些情况下并不理想,最精确的分类判读往往来自两次或两次以上摄影资料的组合使用。地物光谱反射与影像特征关系的研究是美国国内遥感活动的重要内容之一。例如,国家航空航天局一研究中心和特拉华大学应用野外辐射量测和生物统计技术,曾在1981年进行过一次特拉华大西洋海岸湿地研究,对MSS的湿地植被冠层反射变化型式和原因的调查,则是其中的一个重要项目;在这以前两年,南达科他大学的研究人员调查过土壤和植被对陆地卫星图象光谱性质的影响。建立与地物判读标志特征有关的判读样片,多少年来一直是图象分析和制图人员追求的一个大目标。拿作物研究来说,使用航片于具体场地进行这类研究在美国为数不少,不过真正为研究区提供的样本还不多,能提供用于识别美国以外地区作物的判读样本就更少。纽约州康纳尔大学的W.R菲利普森1982年建立世界热带作物航片判读样片的研究取得了较好的成果。在使用遥感方法进行的资源调查中,一些研究人员进行过多种类型图象结合应用的试验,获得了积极的成果。

在美国,由农业用地和自然植被转变为居民区和工业区的趋势一直在发展,因此政府部门和地方对城市化发展的信息都十分需要。国家统计局每十年要对300多个大城市进行一次标准统计区资料的更新,以获得这些城区的外围界线。地质测量局则每隔五年要编制一次全国大多数城市地区的土地利用变化地图。70年代以来,把遥感技术用于这些调查已成为有关部门研究的重要课题,探测城市边缘居住用地的发展变化就是其中的一个内容。此外,土地利用动态变化如森林环境变动等的遥感研究活动也在一些地区大力进行。

#### (四) 计算机数据分析技术和自动制图技术的发展应用

在过去十多年中,使用计算机数据分析技术,特别是自动判读多光谱资料方面已取得了重大发展。多光谱资料判读土地利用的数字处理的研究主要集中于光电扫描系统。许多单位如普都大学、密执安大学、堪萨斯大学、宾夕法尼亚大学以及地质测量局等都有自己的计算机处理系统,它们已相当成功地用于地球资源包括土地利用的特征识别和分类。用于计算机分析的数字化资料有MSS磁带,也有经数字化设备处理后的数字图象资料。此外,当研究人员手头没有将图象进行数字化的高级设备时,使用手持密度计也是一种获得光谱特征数字资料的有效途径。在计算机处理技术发展过程中,各种数值分析方案纷纷出现,资料分析人员同时必须决定哪种算法对某一问题最合适。为此,很多研究评价了一些具体分类法的性能,也客观地研究比较了不同方法在解决具体问题时的优势。1980年,普都大学遥感实验室就曾通过实验对高斯最大似然分类法,正态密度之和最大似然分类法和最小距离平均值法等算法进行了比较评价。

计算机数字分析技术具有快速、准确和大容量等优点,它与遥感资料的结合使资源信息的分析出现了一个新局面。在美国,各种型式和规模的计算机及软件系统大量涌现,许多研

究应用部门把这一技术用于农村和城市地区的研究计划中。70年代成长起来的遥感资料计算机判别技术具有下面的优点：1. 判别类型的定义规则确定下来以后，这些规则就能应用于整个地区；2. 地图的比例尺大小变动方便，因为可以产生各式比例尺地图；3. 能够自动地估算各个类型的面积；4. 由于该资料已是数字形式，它们就能够成为计算机地理信息库的组成部分。

在遥感技术和图象分析技术发展的同时，自动化制图也取得了重要进展。美国国防部制图局1951年就开始研究制图自动化，到1974年，该局的三个制图中心都配备了成套的数字化制图系统。一些管理和研究部门也相继发展建立起自己的自动化制图系统。例如，林业部测绘局就有森林图自动制图系统，能够编制使用航摄资料和地图资料的森林资源图等。同时，他们还建立了数据库。

#### （五）遥感正在成为资料收集系统和资源信息系统的主要资料来源

美国在土地利用调查和制图技术上比较先进。1850年建立了全国农业普查制度，1920年后每隔五年更新一次全国的土地利用资料。70年代，这种调查已与遥感及自动制图等先进技术紧密结合在一起。在实施1971年开始的应用航片和卫片编制全国土地利用图的工作中，就建立有地理信息展示和分析系统（Geographical Information Retrieval and Analysis System），从而保证了自动化制图的需要。70年代中，现代遥感资料作为地理信息系统的资料来源已引起人们的注意，70年代后期，才开始了实际应用，把图象自动分析的计算机遥感系统技术应用到信息系统的建立上。同时，各级计划管理部门开始认真重视这一发展项目的研究和筹划。国家制图信息中心（NCIC）的数字地形磁带和国家航空航天局的陆地卫星遥感资料，已经作为潜在能力较强的资料来源在考虑。

综上所述，70年代以来美国土地调查遥感研究的发展表现了以下一些特点：1. 为建立全国统一的土地利用、土地复盖分类系统进行了卓有成效的工作；2. 配合进行遥感技术的可行性试验，各种土地调查计划和其它调查计划大力推行；3. 土地调查正向湿地等常规技术难以到达或根本不能到达的地域发展；4. 发挥遥感技术多波投多时相和大视域的优势，在监测土地利用动态变化方面开创了新局面；5. 使用机器处理和分析技术帮助土地调查的研究已取得了可喜的进展；6. 土地调查系统的发展正在与遥感资料及使用遥感资料的信息系统建立起紧密的关系。进入80年代以后，国家航天遥感和地球资源卫星计划一直在继续发展，这必将对资源调查的未来发展产生深远的影响。1983年1月31日陆地卫星MSS资料正式投入商业使用之后，人们正把较大的注意力转向新一代传感资料TM的性能和应用前景上。同年在戈达德空间中心召开的陆地卫星—4早期成果专题讨论会上，部分报告谈到了这种资料在农业调查和城市土地利用分类中的应用效果。研究发现，TM的一些新波段尤其是1.6微米和2.2微米两个波段对识别水稻和大豆这样的农作物效果很好，对农作物的总的分类精度差不多提高了25%。早期的研究成果还表明，在某一地区一次获取的TM图象完全能够达到在整个生长季节多次获取图象对农作物进行分类的精度。对加拿大中部平原农业区进行的类似研究则生动地显示，TM资料对于调查研究轮作条带状农作物很有成效。对城市土地利用的研究表明，大部分人工特征在TM图象上均有独特的光谱显示，分辨能力是MSS等其它卫星资料所无法比拟的。作为一种新型的遥感平台和工作系统，80年代初开创的航天飞机目前正处于积

极试验和发展应用之中。由于它具有投资相对低,从飞机项目的规划到用户得到遥感资料所需的时间较短,加上两次飞行之间转换时间较短等优点,科学家们正在考虑用航天飞机部分地代替卫星执行遥感任务。据专家认为,到80年代后期和90年代,航天飞机的陆地遥感将成为用户最欢迎的遥感飞行选择之一,包括一般的土地复盖调查制图。届时使用的传感器将是经过改进的高分辨摄影系统、综合孔径雷达和多光谱电子扫描仪等。

## 二、对我国土地调查中使用遥感方法的启示

现代遥感技术在我国的研究应用始于70年代中期,其后发展也较快,目前许多应用研究项目已经从一般性的试验阶段逐步进入实际应用阶段。在土地资源调查的遥感应用方面,也取得了令人欣喜的成绩。近年来,国家部门已着手组织力量进行较系统的全国性计划。例如,正在利用陆地卫星图象和其它调查资料负责编制全国及分省的卫星影象土地利用地图,并将量算出全国30种土地类型的面积。以下结合美国土地调查的遥感研究发展针对我国在这一方面的具体实践谈几点想法。

1. 坚持在土地调查中采用遥感等先进技术 近年来,使用航片和卫片通过目视、光学分析和数据处理的方法,编制出了一批成功的县级和区域性土地利用图、土地资源图和土地类型图。事实说明,坚持在土地调查中采用遥感等先进技术方法的发展方向是正确的。

2. 配合编制1:100万中国土地资源图等任务,探索我国使用遥感方法调查土地资源的理论和方法体系 编制1:100万中国土地资源图是一项重大任务,其中涉及到方法理论和大量技术手段的试验。通过这些实践,对用遥感方法编制国家级、省(区)级和县级土地资源图进行较系统的研究试验,为形成一套完整的我国土地资源遥感调查理论和方法体系积累成果。毋庸置疑,象遥感图象分类制图的比例尺系统,全国统一的应用遥感图象的土地利用分类系统的建立等都是值得研讨的课题。

3. 编制土地资源图必须收集多种信息,采用综合制图方法 就当前遥感调查和制图的能力来看,仅仅依靠卫星遥感作为分类应用的资料来源是有困难的,只能把它作为勾绘较大分类单元和进行判读校核等使用,即便在将来传感图象的分辨力和计算机数据分析的水平发展到了新的高度,航天遥感以外的其它资料来源特别是地面勘查资料的收集仍然是需要的。所谓多种信息,即包括卫星图象、航空象片(高空、中空或低空)以及地形图,专题图,文字报告和统计数据等。多种信息编图并不排斥航天遥感信息在制图中的重要作用。相反,为了发挥它信息量大、易于更新和自动制图的优势,我们需要作出各种努力,为逐步将航天遥感作为主要的制图信息来源(首先是小比例尺地图,然后是大中比例尺地图)贡献力量。多种信息编制地图必须采用综合方法,在编图过程中应考虑到土地利用、土地资源和土地类型几种图的配合。具体进行时,则是根据各地拥有设备的情形选择不同的途径,通过室内研究和野外调查相结合以及多学科的协作,在对组成土地资源各要素进行评价分析的基础上,将它们综合地表现在地图上。

4. 在引进国外先进技术方法的同时,发展我国的传感技术、图象生产等技术 近年来,国内已进行过一些较大规模的航空遥感试验,研究成功一批我国自行设计的具有较高水

平的传感器和摄影材料等。同时,在使用外国卫星资料,系统测定地物光谱特性,积极开展卫星图象的资源调查研究方面也取得了许多重要的成果。在我国资源卫星系统运行之前,要继续重视对引进卫星图象的研究应用工作,在一些重点地区进行较大规模的遥感实验和应用仍应放在较重要的位置上。

5. 开展土地资源信息库的试验研究,为建立区域的和全国性的土地信息库创造条件  
建立土地资源信息库的工作与计算机遥感信息处理和自动化制图密切相关,我国在这方面还处于研制阶段,一些小型试验已在科研部门着手进行,但离资源信息库的实际应用距离尚远。就自动化制图来说,同样处于发展阶段。因此,有条件的研究机构和部门应尽力展开这项工作。可先从小面积区域范围的典型实验做起,以便逐步发展扩大。在这项工作中,要把大力发展计算机信息处理和快速自动制图的研究,包括土地利用的自动信息处理分类系统的研究放在较优先的地位考虑。

### 参 考 文 献

- (1) A.R.Anderson et al.,A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data,Geological Survey Professional Paper 964, United States Government Printing Office, Washington, 1976.
- (2) R.D.Baker et al.,Land Use/Land Cover Mapping from Aerial Photographs,Photogram. Eng.and Remote Sensing, Vol.45, No.5, May 1979, pp.661-668.
- (3) F.M.Henderson,Land-Use Analysis of Radar Imagery, photogram.Eng.and Remote Sensing, Vol.45, No.3, March 1979, pp.295-307.
- (4) V.Carter et al.,Wetland Classification and Mapping in Western Tennessee,Photogram. Eng.and Remote Sensing, Vol.45, No.3 March 1979, pp.273-284.
- (5) P.O.Adeniyi,Land-Use Change Analysis Using Sequential Aerial Photography and Computer Techniques, photogram.Eng.and Remote Sensing,Vol.46,No.11, November 1980, pp.1447-1464.
- (6) M.Hixson et al.,Evaluation of Several Schemes for classification of Remotely Sensed Data, Photogram.Eng.and Remote Sensing, Vol.46, No.12, December 1980, pp.1547-1553.
- (7) D.A.Stow,J.E.Estes,Landsat and Digital Terrain Data for County-Level Resource Management,photogram.Eng.and Remote Sensing,Vol.47, No.2, February 1981, pp.215-222.
- (8) K.E.Mayer,Identification of Conifer Species Groupings from Landsat Digital Classifications, Photogram.Eng.and Remote Sensing, Vol.48,No.11,November 1981, pp.1607-1614.
- (9) P.G.Thorne,航天飞机的陆地遥感使用,1982年地学与遥感,第1卷,美国电气电子工程公司,1982年。
- (10) 马荣斌: 航天遥感发展的新阶段,西南交通大学,1983年12月。
- (11) 人民日报: 我国科研工作者大力协作推广遥感技术取得经济效益,第三版,1983年8月7日。
- (12) 侯学焘、赵锐、刘振东: 对编制全国1:1000万土地资源图的一些看法,《土地资源研究文集》第一集,中国科学院自然资源综合考察会,第184—190页,1981年。

## THE DEVELOPMENT OF REMOTE SENSING FOR LAND SURVEY IN USA SINCE 1970'S

Sun Yuqiu

(Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica)

### Abstract

Because of the arising of the modern remote sensing and space techniques, the scientific research of remote sensing techniques for land survey in USA has been rapidly developing since 1970's. The presence of the USGS land use and land cover classification system for use with remote sensor data is one of the most important events of USA land survey during this period. At the same time studies in applications of remote sensed images from various platforms and sensors to land surveys have achieved great successes, while great advances in the techniques of acquiring and processing images have been made. Diverse image-analysis techniques are actively developing, including manual interpretation techniques aided with photo-electronic devices and computer-assisted analysis techniques. After landsat 4 MSS becomes a formal operational sensor, quite a bit of attention is being paid to the application potential of the new type sensed data TM. The preliminary experiments have shown that TM data are very efficient means of surveying agriculture and urban land use. Experts say that the space shuttle flight will be one of the most favorable options of Earth remote sensing for users in the late 1980's as well as in the 1990's.

In relation to the practice in China, finally, this paper makes some suggestions in view of the special situation of remote sensing research in land survey in China.