

农业遥感论文集

中国农业工程学会农业遥感专业委员会 编

测绘出版社



主 编: 陈德峰

副主编: 陆登槐 田国良

查宗祥 黎泽文

前 言

中国农业工程学会农业遥感专业委员会于1990年8月29日至9月2日在山西省忻州市召开了全国第三届农业遥感学术讨论会。中国科学院地学部委员陈述彭教授、南京林业大学方有清教授、北京大学遥感所副所长承继成教授等著名专家，以及数十名长年从事农业遥感工作的中、高级科技人员参加了会议。这次会议收到的50余篇论文，大多是作者们在“七五”期间的科研成果或技术总结，内容涉及资源调查、农业动态监测、农作物估产、病虫害监测、土壤解译、信息系统等诸多方面，反映了我国农业遥感技术的研究进展。为促进我国农业遥感技术的发展和学术交流，提高农业遥感的技术水平，我们对提交这次会议的尚未在国内学术刊物上公开发表的论文，约请作者进行了文字上的增删修改或写成摘要，汇编整理成本论文集予以出版，以飨读者。

在本论文集的编辑过程中，得到了各位作者及其所在单位领导的支持和帮助，中国土地科学编辑部的同志协助做了大量工作，本论文集的插图由陈楚吟同志描绘，韩毅同志也协助做了工作，我们一并表示感谢！鉴于编者水平有限，在编辑工作中若有欠妥或错误之处，恳请作者和读者批评指正。

中国农业工程学会

农业遥感专业委员会

1990年12月

目 录

农业遥感的动态监测·····	陈述彭 (1)
利用K-T变换进行森林信息提取的研究·····	方有清 (6)
应用TM图像进行1:50000县级土地资源调查制图的理论依据与 关键技术·····	戴昌达 胡德永 (11)
植被遥感的地学分析·····	方有清 (14)
Fuzzy聚类分析进行森林植被类型划分·····	任国业 (27)
水稻光谱与水稻长势、产量结构关系及模式的研究·····	查宗祥等 (31)
棉花种植面积遥感估测方法的研究·····	黎泽文等 (40)
应用遥感技术对水稻、小麦估产的研究·····	邢福顺 沈家智 (49)
应用NOAA卫星图像测算小麦面积的初步研究·····	瞿天声等 (59)
用彩红外航片确定米脂县植被面积·····	张宏名等 (65)
应用遥感技术进行鱼塘估产的研究·····	黄应丰等 (68)
微机区域规划与生产管理信息系统的研究与实践·····	陆登槐 (73)
遥感图像几何特征与系统误差改正方法的研究·····	王乃斌等 (80)
山西省侵蚀类型与侵蚀强度的遥感调查研究·····	高起江等 (89)
用TM图像研究黄河三角洲浅层淡水形成与农业相关性·····	汤明宝 (97)
超小比例尺彩红外高空航摄及其在土地详查中的应用·····	虞献平 (103)
水体光谱测试时间的选择·····	陈玉泉等 (123)
不同鳞口密度下被害苹果树冠的光谱反射率研究·····	金瑞华等 (127)
应用TM图像进行黄河三角洲土壤资源动态监测研究·····	刘淑瑞等 (131)
三川河流域土地利用变化的遥感监测研究·····	乔玉良 王毅敏 (138)
机动车废气污染对荔枝生长影响的遥感研究·····	刘腾辉等 (144)
北方冬小麦生产的遥感动态监测·····	王宏禄 (152)
NOAA卫星遥感信息在资源环境监测中的作用·····	萧 铎 (154)
TM图像在陕北草场类型划分中的应用·····	任志弼等 (156)
用彩红外像片调查大熊猫栖息环境·····	晏懋昭 任国业 (160)
应用SPOT图像进行我国南方土壤解译与制图效果研究·····	王人潮等 (164)
遥感资料的时相与土壤解译效果的分析研究·····	吴嘉平 王人潮 (168)
卫星图像在编制河南省土壤图中的应用·····	黄治业等 (174)
四川省若尔盖县草原地区草地沙漠化的遥感研究·····	涂 军 石承苍 (180)
利用航天遥感资料进行牧区土地资源调查方法的研究·····	郑 定 (184)
应用卫星图像进行土壤分带界线的研究·····	吴克宁 (191)
麦类作物光谱数值的统计分析 (摘要)·····	商铁兰等 (194)
西藏那曲地区卫星图像土壤判读 (摘要)·····	张天增等 (196)
彩色红外航空像片在县级土地利用现状调查中的应用 (摘要)·····	梁朝仪 (198)

TM图像在牧区县土地利用现状调查中的应用研究(摘要)..... 张秀茵等(200)

陕西省榆林市草地资源遥感调查与制图的探讨(摘要).....赛因巴图等(202)

遥感信息在城市规划中的应用(摘要).....孙 义等(203)

利用彩红外航空像片判读平武县的森林植被(摘要).....任国业(204)

应用彩色红外航空像片进行农业资源调查(摘要).....陈志孝等(205)

彩色红外航片在静乐县土地利用现状调查中的应用(摘要).....李和生等(207)

农业遥感的动态监测

——在全国第三届农业遥感学术讨论会上的发言

陈 述 彭

(中国科学院地学部委员)

今天参加中国农业工程学会农业遥感专业委员会举办的全国第三届农业遥感学术讨论会,非常高兴。我想借此机会集中谈一下农业遥感的动态监测问题。

我国的遥感作为一种资源监测手段,在各级领导的支持下,经过同志们的努力,已经取得很大的成果。最近5年间,遥感技术在全国科技进步一等奖的名单中占六、七位,获奖的大部分属于遥感技术和资源勘测方面的成果。遥感发展的第二阶段必然是动态监测,由静态到动态,由定性到定量,这是它的必然过程。

一、农业遥感动态监测的范围

我国是农业大国,农业生产有两个要求:一是因地制宜,二是不违农时。因地制宜要求做农业区划和农业规划,不违农时要求动态监测,所以农业要用遥感这个手段作为宏观决策和工程设计的科学依据,这是农业本身的性质决定的。记得我1977年第一次带考察团考察欧洲归来时,首先向中国农学会汇报,然后才向其他政府部门的领导同志汇报,因为农业是遥感的最大用户,也是能取得最大利益的产业部门。农业遥感动态监测包括四个主要的层次:

第一个层次是全球性的工作,研究整个地球,人与生物圈计划、地圈与生物圈计划、国际减灾十年等国际活动都属于全球性工作,其主要内容是研究地球各圈层之间的界面和相互作用,跟农业遥感动态监测有密切关系。农业离不开土壤,土壤本身就是几个圈层的综合产物,是岩石经过风化和人工耕作后形成的一个新的圈层。这个层次的研究目标是估计地球到底能生产多少有机物,能为人类的衣食提供多少农业资源,而在取得这些资源的同时对环境的破坏又不太厉害,即在保持环境良性条件下进行资源开发。

第二个层次是全国性的工作,主要体现在区划上,如全国农业区划、农业经济区划、自然灾害区划等。区划的目的是发展农业生产,达到既改善环境又整治国土的目的。

第三个层次是行政单元、流域单元或自然单元的区划和规划。农业既是人类的行政经济行为,也是人类改造自然的工作,各单元之间要信息共享。这个层次的效益体现在地籍管理和扶贫救灾方面。不把地区性的区域规划做好,是很难做到合理利用资源和合理投资的。

第四个层次可叫作田间工程。田间工程是农业中很重要的基础环节,施肥、灌溉、育种、监测作物长势、估产、改良土壤等都属于田间工程,都需要一整套的农业工程技术。要在田间工程中发挥生物技术和工程技术的作用,就必须按不同的生长季节(生物周期)进行监测,这种监测有时一年一次,有时几年甚至十几年才有一次。

遥感可以为这四个层次提供服务。农业对遥感提出了很高、很多的要求,90年代的农业遥感应该在“六五”、“七五”的基础上更进一步,要把农业动态监测和信息系统提到日程

上来,使我们能更有效地利用资源,适应21世纪初我国人口增长到14—16亿的形势,解决食物问题,为我国的稳定团结作出贡献,这是一个新的任务。

二、全球变化研究与农业动态监测的关系

全球变化研究是目前最时髦的世界课题,几乎没有哪一个国家的领导人不注意这个问题,他们在竞选时都说自己是关心全球变化的,是注意环境问题的。因为世界面临人口增长所产生的压力,最大的压力是食物和污染,最严重的问题就是农业资源和环境保护问题。90年代的国际活动计划普遍重视农业动态变化,1989年11月我参加了奥地利的国际空间年地球科学专家组会议,会议明确指出下列三个问题必须引起全球的注意:

第一,土壤退化,包括沙漠化、盐碱化、水土流失、城镇发展占用土地等问题。土地退化就是生产力降低,这个问题是联合国(包括UNDP、FAO)90年代投资的重点。

第二、森林破坏,这是世界第一级题目,重点在热带和亚马逊流域,还有干旱地区。对我国而言,除了森林破坏外,还有一个恢复问题。

第三、叶绿素含量。渤海湾、莱州湾的赤潮使我国的对虾产量锐减。过去很难见到赤潮,现在赤潮连续半个月不退,赤潮使海水中的叶绿素含量减少而使对虾死掉。观测叶绿素含量还能预报渔情,这些都是水体上的。叶绿素在陆地上的表现是植被指数,用来监测作物的长势、草场的产草量、草场的载畜量,以及预测发生灾害的可能性。国际上花很大的力气研究植被指数,我们刚刚开始进行这方面的研究,所以亚洲的植被指数由日本负责,欧洲和非洲的植被指数由欧空局负责,南北美的植被指数由美国NASA负责,他们每天每月都在监测植被指数的变化,目的是研究生物资源的动态变化问题。

现在特别应该发挥气象卫星资料的作用,它在遥感中的作用越来越大。气象卫星资料有几个特点,一是频度高、周期短、动态性强。每天都能收到气象卫星资料,这是资源卫星办不到的,也不可能每天进行一次航空摄影。二是价格低廉。高分辨率的遥感资料越来越贵,SPOT的资料我们买不起,LANDSAT的资料也贵到个人买不起的地步,而气象卫星资料就便宜多了。三是我们已有自己的气象卫星信息源。气象卫星在我国计划发射的资源系列卫星中被排在前列,说明它是非常重要的。我们发射气象卫星,目的就是利用它的资料进行动态监测,希望学术团体和同行们在动态监测中充分利用我国的气象卫星资料。

三、应用卫星与农业动态监测的关系

我国空间技术的方针是发展应用卫星,不是搞单纯的科学研究、探测宇宙、探测月球、载人飞船等,而是发射包括气象卫星、资源卫星、海洋卫星在内的民用卫星,解决资源环境问题。应用卫星与农业遥感动态监测的关系主要表现在三个方面:

第一,应用卫星能为农业区划服务。单纯用气象卫星资料大概只能做全国性的农业区域区划,对于省级或县级的区划,它的分辨率就不够了。农业生产多以1年为周期,可以利用资源卫星的扫描资料。资源卫星是传输型卫星,周期为十几天,分辨率为20m,有七八个波段,寿命为两年半。我们在制定应用卫星发射计划时就把编制土地资源动态地图包括在内,在两年半内编制出一幅覆盖全国的、专门反映土地资源利用动态变化的地图,这种地图包括两个层次,即1:100万的全国性的图和1:50万~1:25万的各省、地、市的图。有人会问,这些我们都会做了,为什么还要制订这个计划呢?这里包括几个设想:一是现在使用的陆地卫

星资料是从国外买来的，或者是利用北京的地面接收站从陆地卫星接收下来的，得到的是10年内拼凑出来的图像或资料，而不是准实时资料。我们的卫星资料两年半内可覆盖全国（包括西部地区），目前还找不到在这样短的周期内能覆盖全国的资料。二是能在统一标准、统一分类的体系下出图，而不是各做各的图。三是我们要建立一个快速的系统。加拿大多伦多省级遥感中心根据资料能在25分钟内制作1:100万或1:50万分类图，我们的系统也要在收到资料后尽快出图。只有快速处理才能充分利用卫星上天后两年半内收集到的资料，地面处理跟不上造成的浪费是很大的。为了提高处理速度，现在正在设计一个为宏观决策服务的系统，用地理信息系统（非遥感资料）作地图的框架，用遥感资料进行分类，最后全部用计算机制图。

第二，应用卫星能监测和评估自然灾害。经过5年的努力，现在的监测手段大体能做到洪水发生4小时后即把数据、图像以及灾情评估结果送到中央防汛指挥部。洪水监测是由有关部门联合起来在国家科委统一领导下进行的，首先建立一个实验系统，变成运行系统后交给水利部使用。农业遥感动态监测系统也可以由科研机构、政府部门协作共同建立，最后交回农业主管部门作为运行系统。我国的经济、技术力量还不是很强，应先搞一个实验系统，再建立运行系统。实验系统和运行系统是不可混淆的两个阶段。

第三是作物估产，包括草场估产。估产是监测初级生产力，近年已经做过北方5省的估产，后来农业部门又在气象局和经贸部的支持下进行北方11个省市的小麦估产，取得很好的成绩，无论是地面站网监测系统的建立还是气象卫星资料以及气象情报的应用都是成功的。可以说，北方11个省市的大面积小麦估产可以从实验系统转移到运行系统，但有一个不足之处，就是还不能用于长江以北、秦岭淮河以南的小面积小麦估产，希望将来能利用分辨率更高的资源卫星资料解决面积估算问题，再用现在这套方法解决小麦估产问题。除了小麦之外，主要的粮食作物还有玉米、水稻等。估计玉米估产问题不大，困难的是水稻。国家计委特别点名搞两湖的水稻估产，在制定“八五”遥感计划时已经把水稻估产考虑在内。小麦和玉米估产有可能在“八五”期间完成，水稻估产恐怕不能完成。棉花估产问题是从自然灾害的角度提出来的，中国保险公司对棉花生产进行了保险，赔偿损失时必须进行估产，这项研究可放在保险公司的自然灾害监测系统内。

四、信息系统与农业遥感动态监测的关系

信息系统与农业遥感不能分家，更不是对立的双方，这是我的体会。我原来是搞地图的，后来搞自动化制图时觉得信息量不够，所以抓遥感。遥感资料毕竟还是一种瞬时信息，要有一个口袋把它装起来，所以我在1980年就提出搞信息系统。当时有人说，信息系统英文叫Information System，Information既可叫“信息”，也可译为“资料”，多给你几个柜子装资料就行了，还搞什么信息系统？信息系统的发展确实经历了一个比较长的时间，用了10年的时间才把它推上去。我对同志们讲，我离开地图，但没有说过一句地图不重要的话；离开遥感搞信息系统，也从来没有说过一句遥感并不重要的话。地图搞下去就必须搞遥感，遥感搞下去就必须搞信息系统，搞好信息系统对遥感大有帮助，对地图更是提高，这是我的切身体会。我们有一个基本的思想，就是把遥感和信息系统看作是相辅相成的双方，把信息获取、信息处理和信息存储融为一体，构成一条流水线。

这里几点需要说明。

第一是航空遥感。航空遥感不仅是遥感的一个组成部分，也是信息系统的一个重要的信

息源。航空遥感取得的某些信息是航天遥感取不到的，更新地形图就需要航空遥感提供的信息，很多专业信息也是通过航空遥感获得的。彩色红外片在航空遥感中又处于特别重要的地位，我国遥感就是靠彩色红外片保驾而起步的。在“六五”、“七五”期间，我国先后进行过十五、六次航空遥感实验，前几次没有使用彩红外片，收获小。上海技术物理所在一年内造出红外扫描仪，取得腾冲2000km²范围内9个波段的全部数字磁带，但处理费用太大。彩红外是可见光加上红外波段，第二次世界大战时，美国海军陆战队曾把彩红外片用于登陆等军事行动。我国的彩红外片是保定胶片厂赶制出来的，这种片子有两个特长，一是对水的反映非常灵敏，二是对植被的反映非常灵敏。农业不外是水土和植物，彩红外片对农业是永远适用的，绝不会被淘汰。虽然彩红外片比黑白片贵，但这种片不需要复杂的仪器，可以用眼睛看，信息丰富。因此，我们应该坚定不移地使用它，尽量挖掘它的信息。在彩红外航片上进行立体观测可能不太习惯，但节省了大量的野外调查工作，所以我国在江汉平原洪水监测中投资35万元进行彩红外航摄，这种片又同时用来更新1:1万地形图。世界上比较先进的国家也都使用彩红外片。另外，我们既然用彩红外片进行动态监测，那就不要把比例尺搞得很大。传感器的发展比图像处理快，在这种情况下与其追求大比例尺，倒不如使用信息量少一些的遥感资料。气象卫星的分辨率虽然低些，但它适应动态监测的根本要求——快速更新。

第二是信息系统与遥感的关系。如果不建立信息系统，就不可能把地面监测网络系统中不同规格的地面非遥感资料跟遥感数据匹配起来进行对比分析。要打破遥感信息的局限性，就必须利用信息系统兼收并容其它信息源。我国统计部门所建立的库绝大部分属于统计库，是二维的，随时间变化；遥感建立的是空间信息库，是定位的，三维的，随空间和时间变化。只有时间变化而无空间变化，不能做到因地制宜；只有空间变化而无时间变化，不能做到不违农时。所以必须把两种数据库变成一个XYZT体系，国外叫 multi-dimensional analysis，即多维分析，这样就能做到因地制宜又不违农时。

第三是处理速度问题。现在的遥感处理信息不够快，怎么办？从技术上讲，出路之一是用地理信息系统来提高分类的精度，加快计算机制图的速度。1990年5月间，我去美国路易斯安娜大学讲学时，顺便到约翰逊空间中心看了地理信息系统帮助遥感进行分类的情况，主要过程如下：遥感无高程数据，所以第一步要把高程资料输入计算机并分带；第二步是根据高程数据划分坡度等级和8个方位的坡向；第三步是划分小河流域，最后在地面上进行采样，建立采样与坡度、坡向的7个相关模型，对不同的山坡进行分类时就把不同的模型代进去。常规遥感分类方法把某一山地划分为9个群落，加上地理信息系统的支持后能划分21个植物群落。这些我们也完全能做到，无非是各地有不同的模型而已。

数据库不等于信息系统，不要以为建了库就建成了信息系统，接着就要求鉴定。两者是有差别的，信息系统有4个不同的功能：第一是检索，同样一个库既可按流域检索，也可按行政区划检索，还可以按自然地带检索。检索是信息系统的初级功能。第二是系统分析。第三是模拟，即提供一个输入后会有什么样的输出，例如水位上涨1m淹没面积增大多少？左边决口或右边决口各淹没多少地？等等。第四是预测预报，如作物估产、草场资源估算等。因此，信息系统是包括专家系统功能的。所谓专家系统，就是除了数据库外还有一个能把专家的逻辑思维过程变为逻辑推理机，或者变成数学模型的知识库。知识库加上数据库才是专家系统，没有知识库的不能叫专家系统。知识库包括历史上的科学储备。我们一方面感到新技术发展不够快，另一方面又有猴子吃苞米的习惯，不储备历史资料，每次都从头做起。我们

为什么不能为以后做点基础工作呢？张心一老先生是农学界的老前辈，他在30年代画出了全国分县的作物分布图，所用的资料是依靠发出调查信件获得的。当时的18种主要作物的地理分布跟现在一定相差很远了，我们可以利用现在的作物分布图与其比较匹配，看看水稻是如何一步一步往北推移的，复种指数是如何一步一步增加的，作物的驯化和引种是如何一块一块推广的。如果不要老资料，只要80年代代表最高产量的资料，就做不了这些分析。山西把1981年的红外航片跟1958年的黑白航片对比，研究土地利用的变化，资料如果再多一点，就可以画出一条发展趋势曲线来。总之，我们不能喜新厌旧。

建立信息系统对农业进行动态监测，势在必行。但不是说遥感不要了，航空遥感不要了，或者说历史文献不要了，这都不是发展信息系统的正确途径。农业遥感动态监测的关键是一个“快”。黄河洪水从三门峡到郑州需要22个小时，如果预报系统慢于22个小时，那么每年就只能描述去年的洪水，对今年的洪水预报就毫无贡献；水从官厅水库流到三家店需要8个小时，预报系统必须在这一时间内解决各种问题。我们曾经量测过全国的土地面积，开了3次鉴定会，方法是正确的。头两次我不敢签字，因为从1972年到1982年的资料都在里面，这个土地面积数字谁也不敢用。从这个角度出发，遥感动态监测的第一个关键是信息源，信息源必须是实时的或者是准实时的。第二个关键是信息处理过程必须自动化，如果处理的过程比作物的生长周期还长，就不可能预报，处理的结果就没有价值。因此，必须增加自动化功能或提高智能化水平，使动态监测更及时。第三个关键是重视科学储备。人类的感官是有局限性的，平时不烧香，急时抱佛脚是抱不住的。唯一的办法是把过去的资料存入信息系统。现在的洪水预报系统就事先把调查得来的各村人口信息、工厂信息以及物资运输方案等存入计算机，等候使用。如果洪水到来后才进行调查，那是来不及的。在预报辽河洪水时，我们只能用遥感手段划分淹没范围，里面淹没了什么是不知道的，到预报黄河洪水时就能做到这一点了。现在的淮河洪水预报系统做得更好，只要淮河一发水，4小时内就能把信息反馈到北京。所以要强调科学储备，信息系统是科学储备的手段之一，多时相的遥感资料也是科学储备之一。第四个关键是科学管理。技术上费了九牛二虎之力，如果管理上扯一次皮或互相推诿一下，什么机械化、自动化全都白费。防汛部门把全国容易发生洪水的17个河段的资料全部放在微机数据库内，每个河段的航线资料也放在库里，只要当地的洪水上升到警界线，北京的飞机就马上飞往洪水区，这一环节就节省了7个小时，所以科学管理是有效果的。第五个关键是要搞大协作。单干的效率低。将来的土地资源动态监测地图是由地方分别承担的，如果都由中央承担，谁能保证它是动态的呢？谁能保证它能得到及时更新呢？能养得起这个动态库的只有地方。全国人口普查使用54台IBM 4381计算机，只有5台放在北京，其余的放在各省。网络建起来，中央随时都能得到数据。有许多工作是必须由中央和地方结合起来做的。不可能只要条条，条条常常使信息不能共享；也不能只要块块，块块会使信息不规范。中央要有统盘的规划和规范，行使它的管理和协调职能，地方可以作出它的贡献，这个关系要理顺。总之，动态监测要做到快，就要在这5个方面作出努力。

不管什么高技术、高科技，都要为生产建设服务。遥感是高科技项目之一，目前超前一点，它会越来越广泛地得到社会的认可和生产部门的支持，投资强度总会越来越大的。跟世界各国相比，我国的遥感力量和技术水平，特别是应用方面都不低，我们完全有条件支援第三世界，打入国际市场。

（本文由陆登槐根据录音整理，未经本人审阅。）

利用K-T变换进行森林信息提取的研究

方 有 清

(南京林业大学)

一、前 言

利用陆地卫星数据提取森林资源信息与蓄积量的估算,国内许多学者进行了多方面的探讨,取得了一定的成果,但精度较低,在很大程度上是因为对森林光谱亮度信息的物理意义缺乏深入的研究。

分析遥感数据时,应将光谱信息综合成与自然景物相联系的信息,使之具有明确的物理意义。在此基础上运用林学知识分析卫星遥感信息,建立光谱亮度值与林学特征之间的联系。上述过程可概括为:

1. 了解各种地物的光谱特征分布情况,从综合光谱特征中提取地物信息;
2. 研究光谱信息的物理意义;
3. 压缩光谱特征空间的维数;
4. 建立光谱特征与地学特征之间的联系。

常规森林信息的遥感分析法,如比值法、差值法、绿度指数法等,仅可完成上述过程的某些部分。例如,已知森林光谱特征可较为方便地将这些指数与地物的自然属性相联系,也可部分地压缩数据空间。K-T变换可以压缩特征空间的维数,但变换后的数据难以直接与地物特征相联系,在不同时间或不同地区之间的特征缺乏可比性。因此,必须进行深入的研究,以便更有效地利用卫星数据,提高森林识别精度。

Kauth和Thomson(1976)根据MSS数据研制的穗帽变换(K-T变换)成功地建立了光谱综合信息与自然景物特征间的联系。Crist和Cicone 1984年将K-T变换的概念推广到TM数据,并在农作物的长势监测上得到进一步应用。但K-T变换是否可用于森林信息分析和蓄积量的模拟,尚未见有系统报道。我们利用K-T变换的概念,对浙江省临安县的TM数据进行了分析,在对CCT数据进行地形辐射校正的基础上,研制了有利于提取森林信息的变换矩阵,分析了变换后数据的结构,利用新的特征提取了森林信息,并模拟了特征光谱与蓄积量之间的关系。

二、应用K-T变换提取森林信息

1. K-T变换及其物理意义

K-T变换是一个线性变换,可由下式表示:

$$Y = R^T X + A \quad (1)$$

式中: X 为数据向量, A 为增益向量, R^T 为变换矩阵, Y 为变换后的数据向量。

矩阵 R^T 由若干个单位向量构成,各向量均有一定的物理意义且相互正交。K-T变换轴的方向取决于方差最大的方向,对不同地区在不同时间和不同训练样地,其方差最大方向是不

同的。K-T变换各轴的方向与方差大小无关，取决于裸露土壤集群、绿色植被以及地物的湿润程度等。这些特征在时空上的差异，只影响其坐标原点的位置即平移量的大小，而不影响其旋转的角度，因而在时空上具有可比性。

但是，K-T变换是针对小麦长势监测建立的，它并不完全反映森林生长状况和生长环境。为此，我们利用临安县1984年的CCT的TM2、3、4、5、7数据，采集了裸土、森林、水体、居民地等典型地物的数据，研制了适于提取森林信息的K-T变换矩阵（见表1）。

K-T变换矩阵 R^T

表1

	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
第一轴	0.22	0.45	0.52	0.51	0.26
第二轴	-0.20	-0.43	-0.76	-0.30	-0.02
第三轴	0.26	0.58	0.15	-0.60	-0.36
第四轴	0.65	-0.35	0.30	0.17	-0.37
第五轴	0.52	-0.20	-0.04	0.02	0.67

第一轴为亮度轴，是TM图像各波段反射亮度值的线性函数，其系数的大小反映该波段对亮度的贡献。由表1可见，TM3、4、5波段的亮度贡献最大。对森林而言，郁闭度较小的林地，具有较高的红外反射，其亮度较大；郁闭度较大的林地，因林木的阴影效应而亮度较小；相同郁闭度条件下，杉木林比阔叶林暗，其亮度值偏小。因此，可有效地区分森林和农作物。

第二轴为绿度轴，是TM4与TM3的差值系数。由于叶绿素对红光的吸收和对近红外的反射，TM4有较大的反射值，TM3的反射较小。与Crist等人的变换矩阵不同的是，TM5波段对绿度的贡献甚小，其值为0.084，这种表述不能完全适于森林状况。我们分析TM5波段与森林近红外反射，发现该波段与森林生境的湿润程度有密切关系。它虽不能直接影响叶绿素的反射水平，但它通过湿度间接影响树木的叶绿素反射水平，并且在不同的湿润环境下，相同树木的叶绿素反射水平不同，干燥环境下的叶绿素反射水平低于湿润状况。阔叶林的生境比马尾松林湿润，在其它条件相同时其绿度高于马尾松林。

第三轴为湿度轴。由于中红外波段对土壤和植被水份极为敏感和强烈的吸收，因而TM5和TM7均有较高的负值。例如水体在各地类中具有最高的湿度，而人工建筑物如城镇的湿度最小。对森林来说，较大蓄积的林地具有较大的郁闭度和阴影，使林地较为湿润；干燥的裸地和郁闭度较小的林地，因TM5和TM7的强烈反射而具有较小的湿度值。

第四轴和第五轴的物理意义尚未明确。可以认为第四轴是亮度的补充，第五轴是湿度的补充，它们只能是前三个特征的“残差”，我们暂定义为“噪音”。

2. 数据结构分析

由于TM数据一般只有三个独立波段，因而在变换空间中可以定义二个相互垂直的平面，即由亮度轴和绿度轴构成植被平面，由亮度轴和湿度轴构成土壤平面。分析数据结构的目的，是找出主要地物之间的相互关系，以便更有效地利用卫星图像的数据提取森林信息。

图1是临安县主要典型地物在植被平面上的分布情况。森林在图的左上部呈椭圆形分布,它具有较小的亮度和较大的绿度,其原因是阴影效应。当林地完全郁闭时,其亮度和绿度均会增加,点群趋于左上方。疏林地和灌木林等的亮度较高,绿度反射水平较低,则趋于右下方分布。

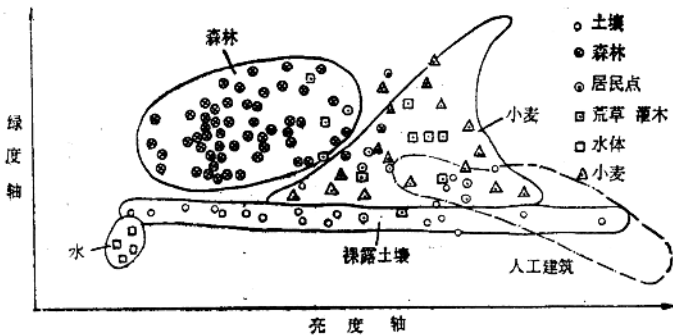


图1 临安县主要典型地物在植被平面上的分布

临安县主要典型地物在土壤平面上的分布状况是:水体具有最高湿度和最低的亮度,位于图的左上方;森林依林地、叶面湿度大小和郁闭状况而呈椭圆形分布,其长轴方向与亮度轴平行,反映郁闭状况,短轴方向与湿度轴平行,反映水份差异。在土壤平面上干燥土壤或人工建筑具有最小的湿度(见图2)。

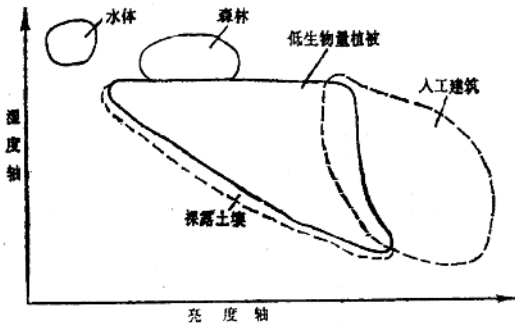


图2 临安县主要典型地物在土壤平面上的分布

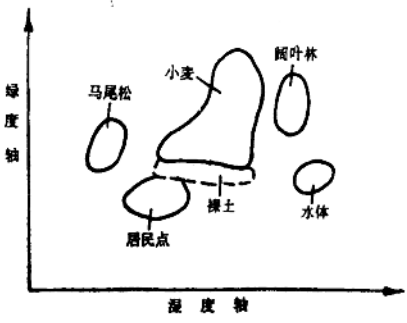


图3 由绿度轴和湿度轴构成平面的地物分布

在绿度轴和湿度轴构成的平面上,郁闭度较大的林地(特别是阔叶林)具有较大的绿度和湿度,因而分布在图的右上方。郁闭度较小的马尾松林因湿度较低,则分布在图的左侧,并且与相近的地物如小麦及经济林等的可分性较好(见图3)。

基于以上分析,各种地物在特征空间均按各自的特点分布。森林的低亮度、高湿度的特征使其呈椭球体分布在三维空间的左上方。这一分布特征来源于森林植被本身的特点,因而不随时、空而变,变化的只是椭球体的大小。这就是K-T变换具有时空不变性的根本原因。因此,我们较为明确地建立了变换空间各特征的林学意义,得到了各典型地物在变换空间中的分布,也压缩了特征空间的维数,对利用遥感数据估算森林蓄积有重要意义。我们可

以建立光谱特征与林学特征之间的关系,也就可以利用K-T变换后的三个特征提取森林信息。

三、利用K-T变换估算森林蓄积量

1. 概述

利用卫星遥感图像数据模拟森林蓄积量,关键在于找出森林光谱数据与蓄积量的关系,而光谱数据和蓄积量的关系又可分为光谱数据与测树因子的关系和与环境因子的关系,由于环境因子包括海拔、地形以及坡度、坡向等,已进行过较多的研究,我们着重探讨光谱数据与测树因子的关系。

分析K-T变换各特征与蓄积量的关系,如前面的图解所表述:蓄积量与亮度、绿度成正比,与湿度成反比。亮度与森林郁闭度存在着一定的关系(在临安县的相关系数为0.64或更大),又因前面所述的“阴影效应”,因而亮度在一定程度上也反映了单位面积上的株数,因此可用亮度间接表示蓄积量。当然,亮度数据经历了大气传输、地形辐射等因素的影响,必须进行一系列修正,特别是各样点的坡度、坡向、高程数据的地形辐射校正,在此基础上应用表1中的变换矩阵对数据进行K-T变换。将变换后的数据输入蓄积量估算模型,可求出该样地的蓄积量估计值(见图4)。

航天遥感目前的发展水平尚不能直接得出林分测树因子,因此多采用遥感分析方法求取与蓄积量有关的林分特征,用来间接估算森林蓄积量。由于影响蓄积量的因素颇多,难以用测树学方式建立明确的数理方程,因而多采用经验分析方法或统计方法。我们根据林木蓄积量的林学特征和环境因素,结合K-T变换特征的林学意义,利用统计方法建立了森林蓄积量估算模型。

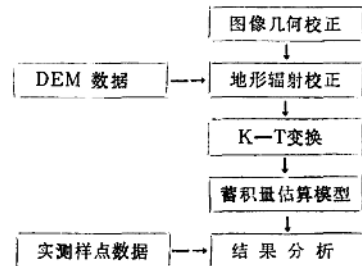


图4 森林蓄积量估算程序框图

2. 模型结构

森林蓄积量大小主要取决于森林的生物学特性和环境特性,因此我们从林分因子和环境因子两个方面构造模型。

在林分因子的模拟上,根据绿度(G)和湿度(W)的物理意义,构成了新的蓄积量估算指数:

$$\left(\frac{\text{绿度}}{\text{湿度}} \right) \text{ 和 } (\text{绿度} - \text{湿度})$$

从结构上看,它们类似于比值和差值指数,但又不完全相同,因为绿度和湿度是各波段的综合指标。

综上所述,我们用 $B \cdot \frac{G}{W}$ 和 $B \cdot (G - W)$ 表示蓄积量指数,其相关系数分别为0.84和0.85,均方差为 1.5 m^3 。这是根据临安县1983年3月陆地卫星图像CCT数据和1982年森林调查的样地实测数据进行分析计算得出的。

这样做的目的是消除因照度差异而产生的绿度差异。同时,由于绿度(G)主要取决于叶绿素反射水平和叶面反射状况,也可反映林分类型的差异,因而可视为林学特性。此外,郁闭度(C)是重要的林分因子,则两者的交互作用可表征林分的生物特征。

在环境因素上,主要模拟林木生长的水、热环境。同理,可令 W/B 为单位亮度的湿度水平,并以此作为水分状况的指标。另外,某样地点的太阳入射角(θ)是该点坡度、坡向的综合指标,它反映了该点接受太阳辐射的状况,因而视为热量指标。两者之积,可间接反映林木生长的热条件。

综上所述可以设想:林分因子和环境因子的模拟值愈大,则蓄积量愈大,反之愈小。由此可建立如下森林蓄积量估算模型结构:

$$V_{oi}=f(W, \theta, G, C) \quad (2)$$

式中: V_{oi} 为样地点的蓄积量, f 为函数关系, W 为单位亮度的湿度, θ 为太阳入射角, G 为单位亮度的绿度, C 为样地的林分郁闭度。

我们选择适当的函数关系,把式(2)表示为:

$$V_{oi}=a_0+a_1(W^2 \cdot e^\theta)+a_2(\log G \cdot e^C)+a_3(W^2 \cdot e^\theta)(\log G \cdot e^C) \quad (3)$$

其中右边第二项为水热指标,第三项为林分要素。

考虑到式(3)的前两个要素与交互作用项的相关性,为简化计算,可略去式(3)中的前两个要素,于是得到:

$$V_{oi}=b_0+b_1(W^2 \cdot e^\theta)(\log G \cdot e^C) \quad (4)$$

此式即为森林蓄积量估算模型。将TM数据按图4所示的程序代入式(4)得出各样地点森林蓄积量的模拟值如图5所示。 Y 为森林蓄积量模拟值, $\hat{Y}$ 为估测值,表2给出相关系数(R)、均方差(Sy),以及在0.01水平的 F 检验值。

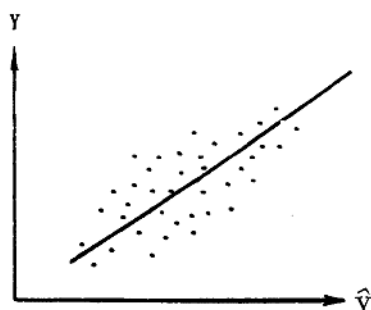


图5 森林蓄积量模拟值图

模拟参数

表2

	R	Sy	F
式(2)	0.855	1.549	444
式(3)	0.851	1.567	860

四、结 论

1. K-T变换具有较为明确的林学意义,且有时空不变性,因而可用于森林光谱信息的提取与分析。

2. 利用K-T变换的概念所设计的变换矩阵,能较好地反映林分的生物学特性和生境条件,从上述两方面构成的蓄积量估算模型,具有一定的物理意义。

3. 利用亮度、绿度和湿度所构成的光谱综合指标模拟蓄积量有一定的物理意义基础时,如果能和环境因子(如立地条件)相结合构成蓄积量估算模型,并进一步分林种和高程等进行蓄积量估算,则可望进一步提高估算精度。

应用TM图像进行1:50000县级土地资源调查制图的理论依据与关键技术*

戴昌达 胡德永

(中国科学院遥感卫星地面站)

一、引言

土地资源的数量、质量及其利用状况是一国的重要国情信息。随着人口增长、工业化进展和人民生活水平的提高,对农、林、畜产品的需求量不断增加,各业用地不断扩展,更要求确切、及时地掌握土地资源及其变化信息,为调整产业结构、合理利用与科学管理土地资源提供可靠依据。为此,1984年国务院决定在全国范围内以县为单位开展土地利用现状详查。至今农区大部分县已完成利用航片进行的1:10000土地详查,并陆续汇总出1:50000县级土地资源图件。但以牧为主的西部辽阔地区,如果采用与东部农区相同的航测调查成图方法,不仅所需巨额费用国家不堪负担,而且在时间上根本不可能在1993年底之前完成任务。

我国遥感卫星地面站的建成投产,可使覆盖我国大部分领土的TM图像源源不断被接收、处理出来。TM图像具有从可见光至热红外共7个光谱通道,30m的空间分辨力(热红外通道为120m)信息极其丰富,是当前国际上公认的使用最广泛、观测地球资源能力最强的卫星图像。研究解决TM图像应用于面广量大的县级1:50000土地资源调查制图的可行性及其关键技术,无疑对促进我国土地资源调查监测任务的顺利完成具有重要意义,并将产生巨大的经济效益与社会效益。

二、可行性分析

国内外许多研究者曾断言,1:100000是TM图像用于专业调查制图的极限比例尺,但也有些研究者认为TM图像具有修改和更新1:24000土地利用图和其它专业图件的可能性,看法竟如此悬殊。我们注意到这些研究者都没有进行深入的理论分析和具体论证,上述看法只是他们在TM图像处理和应用过程中简单地考虑TM的空间分辨力和光谱信息而产生的感受,体会或推测,因此不应受其束缚,而应采取理论分析与实践验证相结合的方法认真开展试验研究才能得出可信的结论。

县级土地资源调查制图的最小上图图斑定为 $2 \times 2 \text{mm}^2$,这在1:25000、1:50000和1:100000图上分别为 $50 \times 50 \text{m}^2$ 、 $100 \times 100 \text{m}^2$ 和 $200 \times 200 \text{m}^2$,大约相当于2、11和44个TM像元的覆盖范围。光学图像目视判读所能达到的详度极限理论上分析约 $2 \times \sqrt{2}$ 个像元^[2],一般实践经验认为4—6个像元;计算机处理的详度理论上可以达到逐个像元,实际上因不同背景

* 本文根据地面站信息分析与应用室在南皮等地的试验研究成果汇总写成,先后参加工作的有班艺舫、雷莉萍、王杰生、何晓云、刘连硕、陈志军等,特此致谢。

差别颇大,且存在混合像元的影响,识别精度会有所降低,可粗略地取2—4个像元,再考虑最小图斑面积量算精度,一般认为凡包含有10余个像元的图斑,其边界混合像元造成的面积量算误差基本上可相互补偿,因而量算得出的面积数据就比较可靠了。由此可见,就TM图像的空间分辨力来说,能够满足1:50000专业调查制图对影像判读的精度要求,也能够满足图斑面积量算的精度要求。对1:100000调查制图来说,绰绰有余;对1:25000详查制图则嫌不够,特别是小图斑的面积精度差距较大,不符合作业需要。

可是目前国内外用常规方法处理出的1:50000TM影像图,确实往往不能使专业人员满意,难以成功地用于1:50000专业调查制图。现有常规图像处理方法有几种:一种是纯光学法,即把地面站提供的约1:1000000小比例尺彩色胶片放印成1:50000纸片图像,或约1:1000000的小比例尺单波段黑白胶片光学合成放大为1:50000彩色图像。经大倍率光学放大,信息损失严重,影像往往模糊,清晰度明显降低,难以准确勾绘专业界线。另一种方法是在图像处理系统上用放大像元程序对像元进行简单的放大。这同光学放大原理是一致的,即像元的直接放大,只不过减轻了高倍光学放大造成的信息损失和影像模糊。可是这样得出的1:50000图像上述每个像元的小方块轮廓都反映出来,同样会使专业界线难以准确勾绘。这就是许多人认为TM图像不能满足1:50000专业调查制图要求的原因所在。

三、制作优质1:50000TM图像的关键技术

通过分析,肯定了TM图像用于1:50000土地资源调查制图的可能性,又找到了目前常规方法制作1:50000TM图像存在的缺陷,我们就有针对性地开展改进1:50000TM图像制作技术的试验研究,总结出“数字插值放大,光机复合处理”制作1:50000优质TM图像的成套方法。这种方法的流程是:首先在图像处理系统上对TM的CCT带数据进行数字插值放大及增强处理,然后用扫描成像装置按优化波段组合与赋色方案,扫出中比例尺(1:150000—1:250000)的潜影图像,经显影定影处理再光学放大便获得1:50000TM图像。采用这种作业流程,不仅避免了单纯光学处理中放大倍率过大造成的信息损失与影像模糊,或单纯计算机处理会显示出像元方块的弊端,可以把两种处理方法的优势集中起来,而且在一定程度上还具有子像元特征提取的含意,制作出的1:50000图像,颗粒细、影像清晰、层次分明,完全能适应县级1:50000土地资源调查制图及动态变化监测的用图需要。

制作1:50000优质TM图像的关键技术,一方面是设计好像元插值放大的计算机程序,根据设备功能,选择实数倍或整数倍放大,3次卷积或双向线性或近邻插值计算技术(一般以3次卷积插值放大效果最好,但计算量大),按放大后新像元的尺寸对原图像进行重采样,得出新像元的灰度值(即新图像)。然后对此新图像进行分段线性拉伸,以改变原图像灰度值的直方图分布,并针对扫描成像用的彩色胶片的感光特性,压缩图像高低两端灰度值,使图像在胶片感光特性好的光度范围内得到充分扩展,以保证扫出层次丰富、边界清晰的图像。

另外,波段组合的选择在很大程度上决定了合成图像是否包含有能满足专业调查制图所需的丰富信息。确定最佳波段组合的方法有多种。现已查明^[3],TM7个波段中常以5、7波段反映的信息最宽,其次是4波段,再次是1、3、2各波段。6波段不仅空间分辨率低(仅120m),且覆盖的亮度级范围往往也很窄。同时TM的3个可见光波段(即1、2、3)之间,两个中红外波段(即5、7)之间的相关性都很高,包含的信息大部分彼此重叠。因此,由一个可见光波段,一个中红外波段和近红外波段(TM4)合成的图像一般都具有较丰富的光谱信息。但是