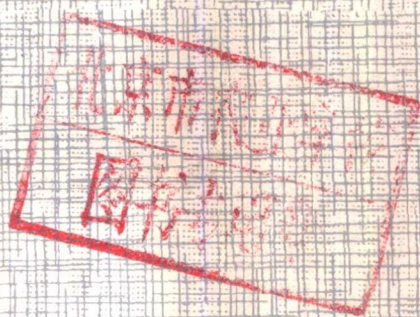


中国农业工程研究设计院农业遥感研究室
中国农业工程学会农业遥感专业委员会

编

农业遥感译文集



上海科学技术文献出版社

农业遥感译文集

中国农业工程研究设计院农业遥感研究室
中国农业工程学会农业遥感专业委员会 编

农业遥感译文集

中国农业工程研究设计院农业遥感研究室 编
中国农业工程学会农业遥感专业委员会

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号 邮政编码: 200031)

新华书店经销

昆山亭林印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 15.5 字数 386,000

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数: 1—600

ISBN 7-80513-383-3/S·13

定价: 11.00元

《科技新书目》193-272

前 言

为了使农业战线上从事遥感技术应用和研究的同志能了解目前国际上遥感技术在农业上的应用情况和经验,我们收集了一些同志翻译的近年来在国外有关期刊上或有关国际会议上发表的论文 32 篇,汇编成这本《农业遥感译文集》。主要内容有植物光谱反射率与产量、生物量的关系;斯威茨植物光谱反射率模式的检验;遥感资料用于土壤制图、提取土壤信息和测定土壤水分的方法;以及利用卫星或航空遥感资料进行土地利用、土地覆盖分类和制图等。本译文集可供农业部门从事遥感应用和研究的同志以及大专院校的师生们参考。

参加《译文集》的编审工作的有陈德峰、陆登槐、黎泽文、曲宝林、王承栋等同志。李彩顺和李鞠两同志为《译文集》插图作了很多工作,一并表示感谢。《译文集》的编辑定稿最后由陈德峰同志完成。

由于编译工作缺乏经验,书中难免存在缺点甚至错误,希望读者批评指正。原文中的一些照片和彩色插图,由于原图不清晰或受印刷条件限制,均予略去,敬请读者谅解。

中国农业工程研究设计院农业遥感研究室
中国农业工程学会农业遥感专业委员会

一九八七年二月

目 录

1. 专题成象仪图象的特性·····	(1)
2. 陆地卫星图象摄影增强法的评价·····	(10)
3. 礼炮 7 号自然地物的遥感·····	(16)
4. 根据 7 个光谱波段的组合计算冬小麦的植物指数·····	(20)
5. 斯威茨植被顶冠反射率模式与 LARS 大豆顶冠反射率数据的比 较实验 ·····	(30)
6. 小麦 Suits 光谱反射率模型的季节检验 ·····	(35)
7. 蒺藜草叶片的反射率与氮素、叶绿素的关系 ·····	(43)
8. 水稻的光谱响应与产量和产量因素的关系·····	(46)
9. 甜菜群落光谱反射特性和产量预测·····	(52)
10. 从彩色红外航空像片上通过测定光谱反射率研究甜菜的长势和 估测产量 ·····	(67)
11. 野外反射率辐射计的绝对校准 ·····	(84)
12. 在天空条件变化情况下作物顶冠光谱反射率测定值的变化·····	(92)
13. 光谱植被指数的功能等价性·····	(99)
14. 草地植被的渐近反射特征·····	(106)
15. 卫星遥感数据用于土壤制图的湿度分析·····	(113)
16. 用 MSS 资料判断土壤水分的变化 ·····	(118)
17. 从植被区提取土壤信息·····	(128)
18. 利用航空像片区分冲积平原耕地的干湿状态 ·····	(136)
19. 使用陆地卫星数字图象和间接数据进行森林天然植被的分层和 牧场调查 ·····	(143)
20. 远红外线在土壤调查上的利用 ·····	(161)
21. 利用彩色正片和彩色红外像片进行高山土壤制图 ·····	(165)
22. 日本国土调查概况 ·····	(171)
23. 土地利用规划的象片影象制图 ·····	(174)
24. 一种对于牧场管理很有潜力的假彩色视频图象 ·····	(177)
25. 使用陆地卫星资料和数字化国土数据提取地表变化信息的研究 ·····	(181)
26. 利用陆地卫星资料调查灌溉作物 ·····	(192)
27. 用图象处理法和人工法对陆地卫星资料进行土地利用分类 ·····	(201)
28. 利用数字化遥感资料编制土地利用图和植被图的精度问题 ·····	(208)
29. 遥感应用于泰国北部的土地覆盖分类 ·····	(215)
30. 利用陆地卫星资料绘制特里普拉邦的土地利用和土地覆盖图	

· 1 ·

并监测其变化	(222)
31. 按土壤同类生产力进行陆地卫星数据分层	(229)
32. 使用数字处理方法从多光谱航空影象中鉴别土地利用类型	(237)

专题成象仪图象的特性

村井俊治 柳田聪

前 言

陆地卫星4号星载专题成象仪 (Thematic Mapper, 以下简称 TM) 所得图象是目前用于和平目的的卫星图象中分辨率最高的, 而且它使用了以往地球观测卫星所没有使用过的光谱波段。因此可以预料, 它将得到广泛的应用。遗憾的是, 由于陆地卫星4号出了故障, 只有美国、加拿大和欧洲能接收到 TM 图象, 日本接收不到。然而庆幸的是, 1984年3月发射了陆地卫星5号, 日本迟早会接收到 TM 图象。

笔者获得美国华盛顿特区城区和密西西比河周围农业区 TM 图象的磁带资料, 并且用它做了各种处理试验。本文将 TM 图象的特性向读者作简明的介绍。

一、TM 资料与多光谱扫描仪 (MSS) 资料的不同

为了了解 TM 资料的特征, 首先说明它和 MSS 资料的不同。

(一) 分辨率

MSS 资料的分辨率, 在陆地卫星1号至3号上, 象元方向的瞬间视场 (Instantaneous Field of View, IFOV) 为 57m, 行方向为 79m。陆地卫星4号的行方向稍大些, 为 83m。

TM 图象的瞬间视场——在地面上的分辨率, 除热红外波段 (波段6) 为 $120\text{m} \times 120\text{m}$ 外, 其他波段为 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 或 $60\text{m} \times 60\text{m}$ 。

(二) 信息量

MSS 资料的1个像幅 ($185\text{km} \times 185\text{km}$) 由 3,240 象元 $\times$ 2,340 行 $\times$ 4 波段 [4 比特 (bit)] 合计约 30Mbit 的信息量构成, 能记录 1,600BPI 的 731.52m 的磁带1卷。

TM 资料的1个像幅 ($185\text{km} \times 185\text{km}$) 由 6,400 象元 $\times$ 5,984 行 $\times$ 6 波段 (6 bit) 加 1,600 象元 $\times$ 1,496 行 $\times$ 1 波段 (热红外波段), 合计约 230 Mbit 的信息量构成, 记录着 1,600 BPI 的 731.52m 的磁带7卷。TM 资料的信息量约为 MSS 资料的7倍。

(三) 光谱波段和探测器

表1为 MSS 和 TM 的光谱波段和探测器的一览表。

TM 与 MSS 不同点在于它有 MSS 所没有的第1、5、6和7四个波段。第一波段为蓝波段, 用以调查水面上叶绿素的分布和土壤与植物。第5波段处于水的吸收带 ($1.4\mu\text{m}$ 和 $1.9\mu\text{m}$), 可反映含水量, 可搞清土壤的干湿程度和植物的含水量。第6波段是热红外波段, 地面分辨率为 120m, 比其他波段的分辨率低, 图象的质量也不太好。第7波段是应地质工作者的要求而设置的, 与近红外波段一样, 处于水的吸收带, 而在土壤覆盖上则显示出与可见光相似的反射特性。

表1 MSS和TM的波段组成

MSS				TM			
编号	波段	波长(μm)	探测器	编号	波段	波长(μm)	探测器
1	MSS4	0.5~0.6	光电管 硅二极管	1	TM1	0.45~0.52	硅光电 二极管
2	MSS5	0.6~0.7		2	TM2	0.52~0.60	
3	MSS6	0.7~0.8		3	TM3	0.63~0.69	
4	MSS7	0.8~1.1		4	TM4	0.76~0.90	
				5	TM5	1.55~1.75	InSb
				6	TM6	10.4~12.5	HgCdTe
				7	TM7	2.08~2.35	InSb

(四)资料的格式

MSS资料有BIP2、BSQ和BIL三种格式,这已为人们所熟悉,在此不再赘述。由于用4个波段各有6个探测器记录,而且扫描出现了噪音,因此6根扫描线间产生了微小的亮度差别。

TM资料提供BSQ格式。由于它未经纠正,在16根扫描线的带上有约45个象元作曲折状平行移动而产生偏差(图1)。这些偏差是不规则的,且无一定的值,它们在45个象元增减2个象元之间变化。因此无法对每个偏移带进行系统的纠正。如果用目测的方法进行纠正,不能只把偏差带边界的两根扫描线的相关图象在最大的点上作平行移动。水域部分与MSS一样,能看到扫描线的噪音,而陆地部分则几乎看不到。

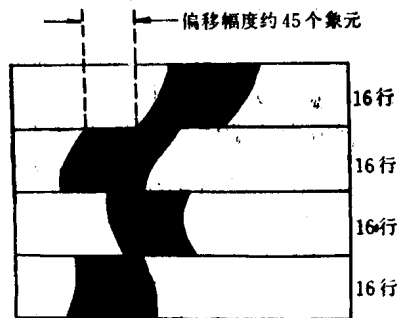


图1 TM资料的带状偏移

二、TM图象的几何特性

虽然TM图象的分辨率在地面上为30m,但在一般情况下,30m的物体是难以识别的。现用华盛顿特区的图象和1/24,000地形图及航空象片调查结果对TM图象的分辨率和人眼能够识别的大小作一介绍。

对于建筑物一类的长方形物体、道路一类的线状物体、公园绿地等一类的大面积物体等三类地物而言,对应于各种背景,其识别界限用下述四个级别分类。

3级:能识别轮廓和形状。

2级:不能识别轮廓,但能识别物体。

1级:物体辨别不清楚和难以识别。

0级：物体无法辨认。

(一) 物体的大小和识别界限

表2是华盛顿特区主要地物识别界限的分级表。经对各种大小地物调查结果得知，描

表2 单波段黑白图像识别界限分级表

分 级 波段	地物	电车导电架 线路	美国国会 大厦	桥	滑行道	活动的安全岛	华盛顿纪念碑 的影子
1		0	3	3	2	0	0
2		1	3	3	0	1	0
3		1	3	3	0	1	0
4		3	2	0	3	3	2
5		3	0	0	3	3	2
7		1	2	1	3	1	1

绘轮廓线要达3级必须具备下述标准。

长方形地物(建筑物)：一条边为4~5象元(反差好时)，6~8象元(反差差时)。

线状地物(道路)：宽为0.5~1.0象元(反差好时)，1.0~7.0象元(反差差时)。

面状地物(公园)：一条边为3~4象元。

(二) 彩色合成和识别性

美国地质调查局推荐了从6个波段中选择3个波段作彩色合成的8种组合方法。另外从主成分中选择3个主成分也可作彩色合成。根据各波段或各主成分的特征和图象的质量，笔者作了几个试验，得到的结果是下述的合成方法较好。

选择3个波段的情况：

波段2 蓝

波段4 红

波段3 绿

选择主成分的情况：

第1主成分 蓝

第2主成分 将红反转

第3主成分 绿

选择3个波段合成是供识别城市住宅区使用，选择主成分合成是供识别绿地使用。另外，为别的使用目的也可考虑其他的彩色合成方案。

(三) 比例尺和识别性

在判读时，虽然把比例尺放大了，但由于象元呈现出矩形，因而判读效果并未提高。笔者对1/25,000、1/50,000、1/100,000、1/200,000比例尺的图象作了判读试验，结果是1/100,000比例尺最容易判读。

图2是华盛顿特区的美国国会大厦附近各种比例尺的TM图象和1/24,000比例尺地形图的一部分。

三、TM图象的光谱分离性

表3是TM图象7个波段预定的判读效果。笔者对农业区的TM图象作了研究,以便验证其真正的判读效果。

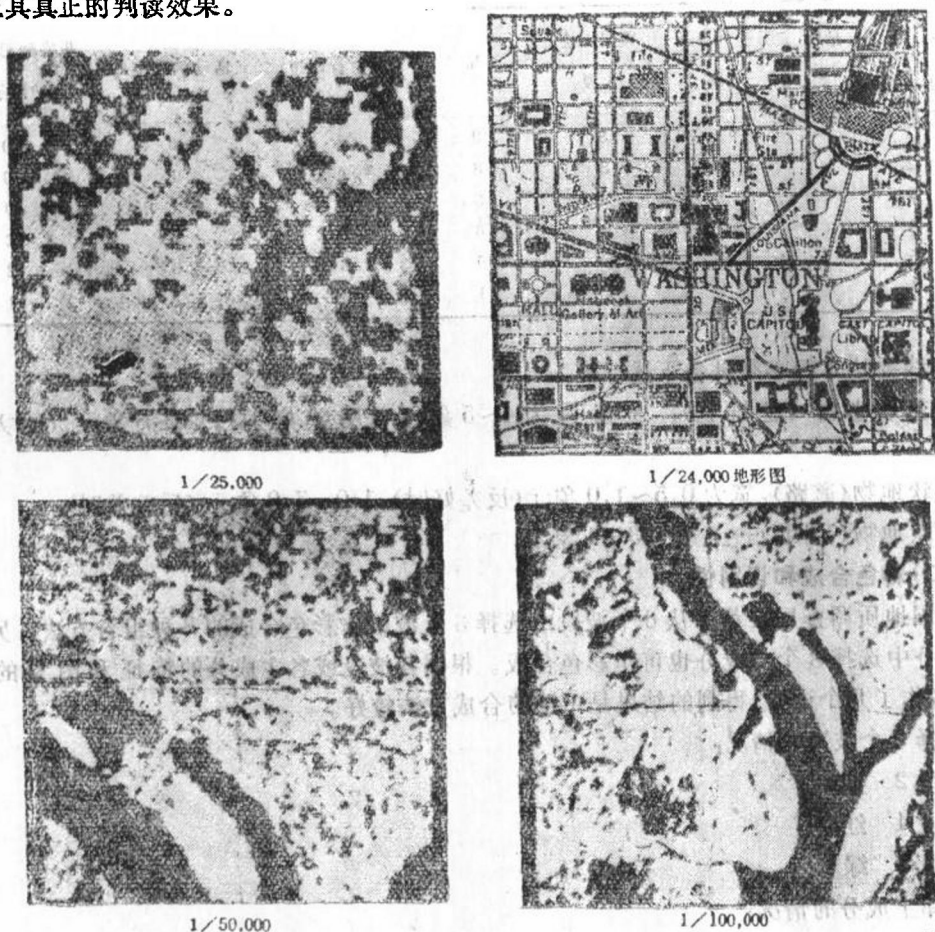


图2 TM第7波段各种比例尺的图象和地形图

表3 TM图象的光谱特性

波 段	波长 (μm)	主 要 的 特 性 和 应 用
1	0.45~0.52	沿海岸线水域制图,土壤和植物的区分,阔叶林和针叶林的区分
2	0.52~0.60	测定健康植物的反射率
3	0.63~0.69	用不同植物叶绿素吸收率作植物分类
4	0.76~0.90	测定植物的生物量,判别水域
5	1.56~1.75	测量植物的含水率,区分云和雪
6	10.4~12.5	制作湿度图
7	2.08~2.35	探测由于热水作用使岩石变质

(一)各波段的特征

波段 1($0.45\sim 0.52\mu\text{m}$, 蓝波段)

按理说,在波段 1 的图象上,土壤和植被是可以区分的,但实际上只有干燥的土壤和茂密的植被才可区分,而潮湿的土壤往往被误判为淡绿色的植被。一般来说,对小的动态区域用单个波段 1 是难以区分的。

波段 2($0.52\sim 0.60\mu\text{m}$, 绿波段)

波段 2 有和波段 1 很相似的性质,对动态区域的判读效果也大致相同。

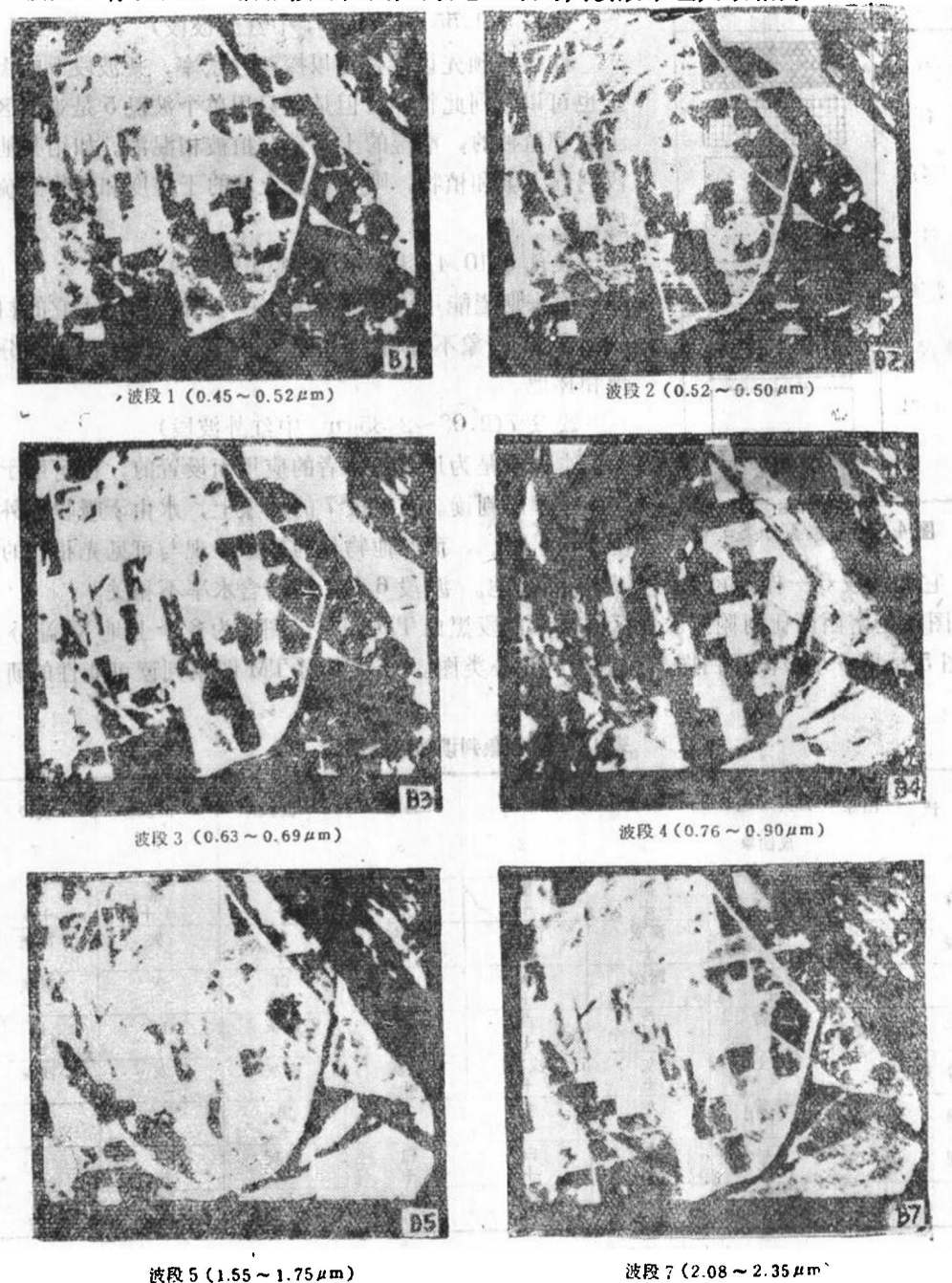


图 3 农业区的 TM 图像

波段 3(0.63~0.69 μ m, 红波段)

在可见光波段中, 波段 3 具有最好的判读效果。然而它和波段 1 及波段 2 有着很相同的图象。前面所述的三个可见光波段的相关系数都在 0.9 以上, 这也足以说明它们有很高的相关。

波段 4(0.76~0.90 μ m, 近红外波段)

在波段 4 图象上, 由于水的反射率低, 影像呈黑色, 而且能清晰地区别于其他地物; 而植物的反射率高, 图像呈白色。

分类	符号
森林	
深绿	
绿	
干土	
普通土	
湿土	
裸地	
水	

图 4 土地覆盖分类

波段 5(1.55~1.75 μ m, 中红外波段)

此波段预先设计是可以探测含水率, 从波段 5 的图象上也可以看到此特性。但是, 只用单个波段 5 是难以区分土壤和植被的, 潮湿的土壤常与植被相混淆。如用其他波段判读土壤和植物, 则要掌握土壤的干湿度和植物的疏密度。

波段 6(10.4~12.4 μ m, 热红外波段)

原来期望能用热红外波段作些事情, 但由于它的扫描线噪音多, 图象不清晰, 与所希望不符。它能明显地区分草地和林地。

波段 7(2.08~2.35 μ m, 中红外波段)

本波段是为地质工作者的应用而设置的, 也可用于植物和土壤的判读。在波段 7 的图象上, 水由于吸收红外光使影像呈黑色, 而其他物体的影像呈现与可见光相似的色调。

它和波段 6 一样, 可以区分草地和林地。波段 6 和 7 均与含水率不相关。

图 3 是密西西比河附近农业区的 6 个波段黑白 TM 图象, 图 4 为 8 个土地覆盖分类图, 图 5 是用 6 个波段黑白图象编制的判读分类图。表 4 是对 TM 图象判读可能性的研究结果。

表 4 TM 图象判读的可能性

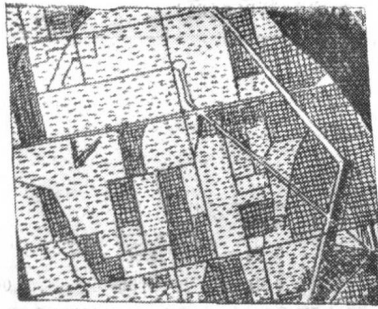
判读 地类	图象	红外彩色合成 成图象	波段 1	波段 2	波段 3	波段 4	波段 5	波段 7
森林		暗红 ++	黑 +	黑 +	黑 +	灰 +	黑 ++	黑 ++
深绿		褐色 ++	深灰 +	深灰 +	深灰 +	白 +	灰 --	深灰 +
绿		茶 +	深灰 -	灰 +	灰 -	白 +	灰 --	深灰 --
干土		淡黄 +	白 +	白 +	白 +	深灰 --	白 +	白 +
普通土		黄土 -	灰 +	浅灰 +	浅灰 +	深灰 -	灰 --	浅灰 -
湿土		蓝紫 +	灰 --	灰 --	灰 --	黑 +	深灰 +	灰 -
裸地		白 ++	白 +	白 +	白 +	浅灰 -	白 +	白 +
水域		蓝 ++	浅灰 --	浅灰 --	浅灰 --	黑 ++	黑 ++	黑 ++

++ 可明确判读,

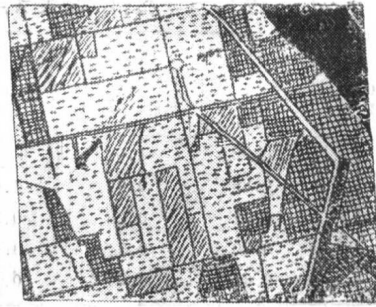
-- 不可判读,

+ 可判读,

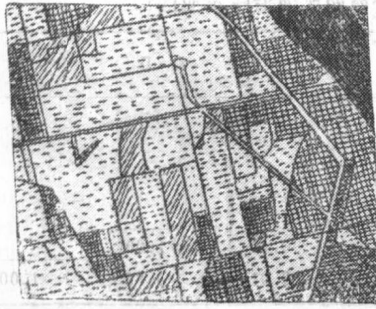
- 不易判读。



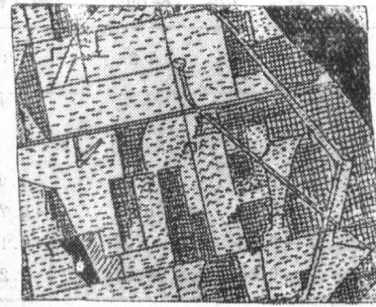
波段 1 : 0.45 - 0.52 (μm)



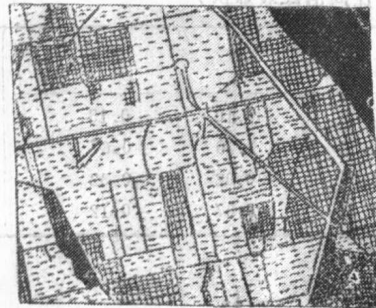
波段 2 : 0.52 - 0.60 (μm)



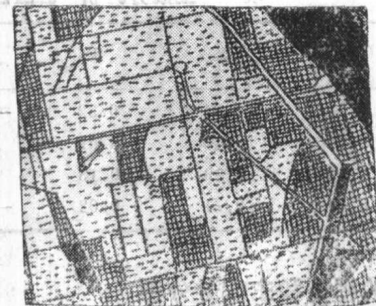
波段 3 : 0.63 - 0.69 (μm)



波段 4 : 0.76 - 0.90 (μm)



波段 5 : 1.55 - 1.75 (μm)



波段 7 : 2.00 - 2.35 (μm)

图 5 各波段黑白图象的判读结果

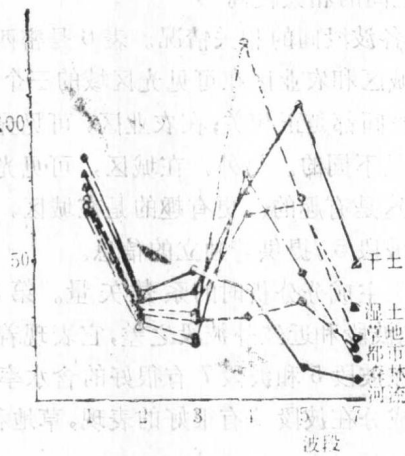


图 6 有代表性的土地覆盖的光谱特性

表5 TM 资料的相关系数 (华盛顿特区城区)

波 段	1	2	3	4	5	7
1	1.00					
2	0.93	1.00				
3	0.86	0.92	1.00			
4	0.11	0.25	0.31	1.00		
5	0.39	0.51	0.58	0.71	1.00	
7	0.68	0.75	0.78	0.42	0.85	1.00

表6 TM 资料的相关系数 (密西西比河沿岸农业区)

波 段	1	2	3	4	5	7
1	1.00					
2	0.93	1.00				
3	0.95	0.94	1.00			
4	-0.61	-0.61	-0.72	1.00		
5	-0.12	-0.05	-0.18	0.44	1.00	
7	0.25	0.32	0.24	-0.01	0.86	1.00

表7 主成分分析 (密西西比河沿岸农业区)

波段 主成分	1	2	3	4	5	7	累积有用率
1	0.51	0.51	0.52	-0.42	-0.10	0.13	58.2%
2	0.64	0.10	0.01	0.22	0.70	0.67	90.8%
3	0.34	0.29	0.13	0.83	-0.02	-0.32	97.8%
4	-0.69	0.71	0.02	-0.01	0.07	-0.12	99.0%

(二) 波段间的相关和主成分分析

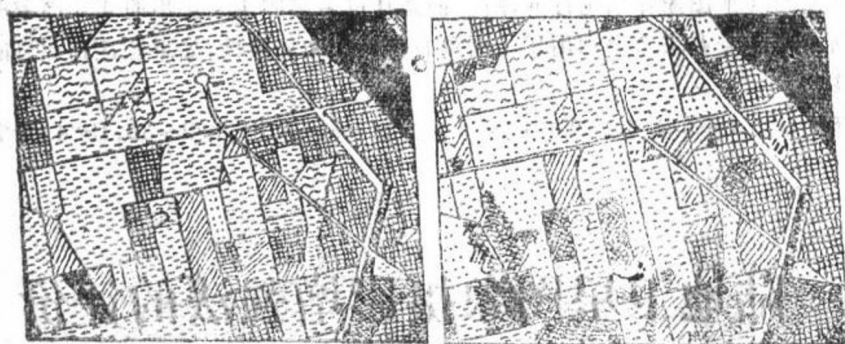
6个波段之间是相互联系的,还是它们的信息是相互独立的。由于土地覆盖的不同,在各波段之间的相关是不同的。图6是各种土地覆盖的平均光谱特性曲线图。观察图6可知,可见光区域的1、2、3波段之间的相关较高。

表5是华盛顿特区城区各波段间的相关情况。表6是密西西比河沿岸农业区的各波段间的相关情况,它们显示了城区和农业区在可见光区域的三个波段间相关系数为0.86~0.95的高相关。在城区,波段间都是正相关;在农业区,可见光区域和近红外的波段4为负相关,显然它们的光谱特征是不同的。另外,在城区,可见光波段和波段7有相关系数为0.68~0.78的较高的相关,这是有趣的。更有趣的是在城区,近红外的波段4有比较独立的信息,在农业区,中红外的波段5,提供着独立的信息。

表7表示适用于作农业区主成分分析时的系数矢量。第3主成分的累积有用率为97.8%。第1主成分是不可见光波段和近红外波段之差,它表现着植物指标,即数值小是植物,数值大是土壤。第2主成分在波段5和波段7有很好的含水率指标,即数值小大概是潮湿,数值大大概是干燥。第3主成分在波段4有很好的表现,草地和草本植物显示大的数值。

(三) 土地覆盖分类

采用下列四个方法对密西西比河沿岸的农业区进行土地覆盖分类(见图7)。



1 · 目视解译法

2 · 集群分类法



3 · 最大似然分类法

4 · 判别树分类法

图7 用各种方法作土地覆盖分类的比较

1. 图象的目视判读

对红外彩色合成图象进行目视判读。

2. 集群分析自动分类

本法虽然能作植物和土壤分类,但是在作植物的细分类时,误判多,例如将非林地误判为林地。

3. 最大似然法自动分类

可以作近似于正确解译的分类,但在土壤和植物的分类中,噪音较大。

4. 判别树法自动分类

可以作近似于正确解译的分类,它比最大似然法和集群分析分类法所用的计算时间少得多。

结 束 语

虽然 TM 图象有很好的分辨率和丰富的光谱波段,但是在自己亲自使用之前,对它不可作过高的评价。

笔者所处理的图象资料,是美国的而不是日本的。除了要了解利用 TM 图象的可能性

外,还应了解利用 TM 图象时的局限性。

本文不对 TM 图象作结论性的评价,而是让读者参照本文提出的 TM 图象的特征,并结合各自所从事的专业来考虑利用 TM 图象的可能性和局限性,如果能达到此目的,笔者就感到十分庆幸。

黎译文译自《写真測量とリモートセンシング》, 23(3), p22~30, 1984; 曲宝林校

陆地卫星图象摄影增强法的评价

K.G.Dean J.P.Spencer

〔摘要〕 本研究中,用摄影处理方法来增强彩色的陆地卫星图象,然后评价图象的信息内容。进行彩色合成之前,改变MSS4波段至MSS7波段图象的 γ 值,对26种彩色图像进行了影像增强,用不同的彩色平衡,获得了彩色合成图象。将这些图象与标准的彩色合成图象进行比较并进行评价。进行摄影增强法评价的为阿拉斯加州 Denali Highway 区的1976年8月1日获得的第5470—19560号景的图象,作了地质和土地覆盖的影像解译分析。在图象合成期间,所有波段均采用平常用的 $\gamma=1$ 的图象,然而该合成的图象不能提供更多的解译信息。要有更多信息的图象,必须使用以下 γ 值,MSS4波段为2.0,MSS5波段为1.0,MSS6和MSS7波段为2.0。并发现这种方法得到的合成图象在一定程度上增强了地质和地面覆盖特征的信息,但是降低了其它方面的判读能力。

一、序 言

本试验的目的,是评价陆地卫星图象经摄影处理对地质和植被信息解译的影响。在彩色合成的最后阶段,摄影处理对景物的彩色对比和影像的可解译性产生影响。在这之前,所使用的任何增强方法,在最后的摄影处理阶段,都可能使合成象片的影像密度提高或降低。

摄影处理图像的效果,用典型的曲线图型表示出来。在这曲线图中,绘出胶片的密度对曝光量的对数值,得到的曲线叫做DlogE曲线(Hunter和Driffield, 1890, Mees, 1954)。曲线的直线部分的斜率叫做 γ 值(非线性灰度系数)。在这个试验中, γ 值是受显影时间控制的。在对陆地卫星的每一波段图象的黑白影像的显影时, γ 值的变化,最后会影响到合成图象的彩色平衡和影像解译。

标准的陆地卫星图象的摄影处理,美国地质调查局地球资源观测系统数据中心(EDC)所使用的 γ 值为1.0。由J.R. McCord直接领导的摄影试验室,用系统改变反差或独特的黑白影像的 γ 值,制作了几幅不同的标准彩色图象进行了试验。图象曝光使影像密度的平均值大约保持在1D,并增加摄影处理的时间以提高其 γ 值。这种技术与Best和Smith(1978)所描述的方法相似,而与美国地质调查局地球资源观测系统数据中心(EDC)仅仅只改变曝光时间是不同的。这些试验应用了第5470—19560号景的图象,是1976年8月1日获得的,覆盖位置在阿拉斯加州 Denali Highway 区。对于可判性,作者利用解译特征,对合成出来的彩色图象进行了评价。为了对这一地区的地质和土地覆盖进行广泛地评价,

在试验研究之前,我们使用了同一景的标准彩色合成图象。

在这篇论文中,评价图象增强的方法,是通过适当的计算机系统对资料进行数字化处理,使它成为更加容易地使用。本文中叙述的摄影的影像增强技术,虽然不象数字化技术那样具有多用性,但费用少,并且在摄影试验室中就能更广泛地达到目的。

二、评价的方法

对 28 幅 1:1000000 比例尺彩色合成图象进行了评价,这些图象是采用不同的 γ 值处理的单波段图象合成的。这些彩色合成图象用数字 1 至 28 号标明图象号。其中 1 和 2 号是美国地质调查局地球资源观测系统数据中心(EDC)的标准产品。奇数号的图象是 MSS4、MSS5、和 MSS6 波段合成的,偶数号的图象是 MSS4、MSS5、和 MSS7 波段合成。在不同的合成图象中, γ 值为 1、2 和 4 的不同组合进行合成。

对每幅图象,评价了 18 种地质和植被参量。评价工作由本文作者、一位地质学家和一位植物学家独立地完成。评价包括象片解译分析。在解译分析中,按照大量的可判信息,将每一图象按 1~10 级给予评分,10 为最好的一级。评级的情况标绘在线条图中,由美国地质调查局地球资源观测系统数据中心(EDC)合成的标准的彩色图象任意地被指定为 5 分。并将每一幅被评价的图象与标准的彩色合成图象进行比较。

18 条线条图用来描述图象的比较结果。全部增强产品的比较信息量值累计的总数标绘如线条图。

三、讨论和结果

(一)地质评价

摄影处理合成的图象的地质评价是以 10 个参量为基础的:排水、线状要素、基岩类型、地形、冰河的冰、终年不断的雪地、广阔的河谷底部、种植特征、云和雪或冰的区分、河流中的沉积量。对每一参量,图象的可判力是 γ 值的函数(图 1)。一般说来, γ 值为 1 和 2 时的 MSS5、6、7 波段的组合,提供了最佳的结果,但是,仅比 MSS4、5、6 组合稍好些。地质评价结果如下(图 1):

1. 排水

信息量最多的 5 号图象(信息含量评为 7),4 号、6 号和 11~20 号(信息含量评为 6),只比标准的合成图像稍有增加。 γ 值为 2 或在任何波段或所有波段中 2 和 1 的组合,提供了最佳结果。

2. 线状要素

信息量最多的是 5 号、6 号和 11~20 号图象(信息含量评为 6)。如果具有排水设施, γ 值为 1 和 2 时,提供了最佳结果。5 号的图象,红色调过于饱和,掩盖了河谷的信息。

3. 基岩类型(Bedrock type)

信息量最多的是 16 号和 18~20 号图象(信息含量评为 7),在所有 4 个波段中, γ 值为 1 和 2 的不同组合,提供了最佳结果。

4. 地形(Land form)