

机载多光谱扫描图象 在西德多瑙尔兴恩地区土地调查中的应用

谭海樵

(中国矿业大学测试中心, 徐州市)

本文探讨了机载多光谱扫描图象在土地利用调查中应用的可行性及局限性。讨论了研究区内土地利用分类系统的建立、不同波段图象与不同地物目标的相关性、监督分类的进行以及分类精度的统计评价。

本文据研究区内土地利用分类的实际需要, 从原有11个波段的图象中, 选取两个波段用于土地利用的自动分类, 得到了预期的效果。

研究表明, 机载多光谱扫描图象兼有航空照片和卫星图象的长处, 既有较高的分辨率, 又可借助于计算机进行数字图象处理, 不失为一种进行土地利用调查的有效遥感手段。但往往由于成像平台的稳定性不够, 影响了成象质量和调查成果的可靠性, 限制了它在土地利用调查中的广泛应用。

一、问题的提出

无论是作城市规划, 还是搞环境治理, 都要以土地利用调查(以下简称土地调查)的成果作为基础图件。

大约在50年前, 人们就利用遥感手段进行土地利用调查, 至今仍是行之有效的手段。航空照片有较高的分辨率, 但美中不足的是, 质量不稳定, 成像和解译成果的可重复性较低; 数字化扫描成象的卫星图象, 固然可弥补航片的不足, 但就其在调查中的应用来讲, 分辨率又失之过小。本文论及的机载多光谱扫描图象, 恰恰兼容了航空摄影和卫星扫描成象的优点, 而避开了它们各自的不足, 理当发挥出其它遥感手段力所不及的作用。

本文的目的, 就在于探讨用机载多光谱扫描图象, 进行土地利用调查的可行性和局限性。重点是, 土地利用调查中不同地物目标的自动分类以及与之有关的图象处理方法。考虑到研究结果与其它遥感图象做同类调查所得成果进行对比分析的可能性, 本文选取西德南部多瑙尔兴恩地区为研究区。

二、研究区概况及土地利用分类系统的建立

1. 研究区概况

该研究区位于德意志联邦共和国南部, 黑森林山脉东侧的多瑙尔兴恩地区(图1),

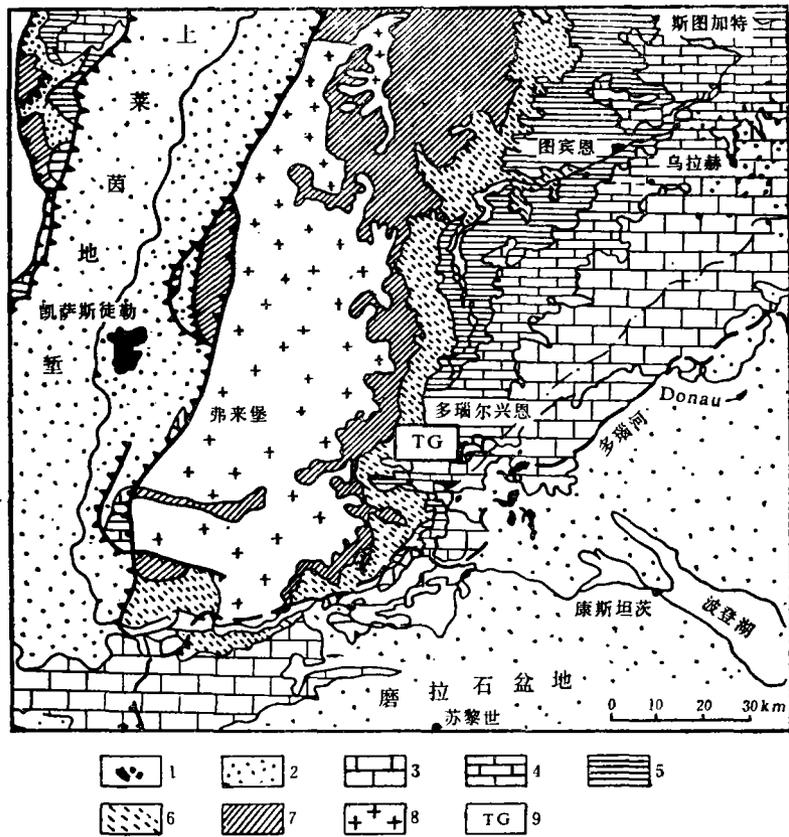


图1 研究区地理位置图

地理座标介于北纬 $47^{\circ}55'$ - $48^{\circ}00'$ ，东经 $8^{\circ}25'$ - $8^{\circ}40'$ 。地貌上以单面山为特征，相对高差不超过150m。基岩露头仅在采石场或建筑工地可见，主要为三叠系的杂色砂岩、泥灰岩、砂页岩和侏罗系的泥岩、泥灰岩。

区内既有居民区，又有工业区；既有森林，又有大片农田；此外，还有机场、公路、火车站和河湖等水体。就土地利用状况而言，可谓“品种齐全”。区内种植的农作物有小麦、大麦、黑麦、油菜和马铃薯等，除马铃薯外，多在七、八月份成熟。

2. 土地利用分类系统

根据研究目的及实地调查的结果，并参考安德森等人1976年提出的土地利用分类系统，确定研究区内土地利用调查的分类系统如下表(表1)：

表中的三个级次所对应的比例尺分别为：Ⅰ级： $1:250000$ 以下；Ⅱ级可达 $1:80000$ ；Ⅲ级： $1:80000$ 至 $1:20000$ 。也就是说，用机载多光谱扫描图像进行土地利用调查时，最终成果的最大比例尺为 $1:20000$ 。

表1 西德南部土地利用调查分类系统表

I 级	II 级	III 级
建筑区	居民区 工业区 其它	
农田及 牧场	农作物	小麦 大麦 黑麦 油菜
	牧场	牧草 新割牧草 苜蓿
森林	针叶林 阔叶林 混叶林	
水体		

三、机载多光谱扫描图像基本特征

在70年代后期，西德开展了一项“航空测量计划”（FMP），所用的成像系统为Bendix公司的M²S型多光谱扫描仪（Modular Multi-Spectral Scanner）。该扫描仪有11个工作波段，其中7个位于电磁波谱的可见光波段；3个在近红外波段；1个在热红外波段。该成像系统的主要技术参数和各个波段在电磁波谱中的具体位置均列于表2。

表2 M²S多光谱扫描成像系统主要技术参数

探视角	100°		
滚动补偿	10°		
扫描速度	10—100条线/S		
几何分辨率	2.5毫弧度		
波段	波长 (μm)	频带宽 (μm)	灵敏度 (%)
1	0.410	00.6	2.0
2	0.465	00.5	0.5
3	0.515	00.5	0.3
4	0.560	00.4	0.3
5	0.600	00.4	0.3
6	0.640	00.4	0.3
7	0.680	00.4	0.4
8	0.720	00.4	0.5
9	0.815	00.9	0.5
10	1.015	00.9	1.0
11	11.0	6.0	0.25k

本文所用图像就是上述“航空测量计划”所获图像的一部分。

鉴于航空扫描成像的特殊性，机载多光谱扫描图像有着独到的图像特征：

- 1) 成像各波段的频带动态范围很窄, 可记录到地物目标之间的细微差别, 如同种作物的不同长势等。
- 2) 图像的地面分辨率为5m, 面积为25m²以上的, 以至宽度仅1m左右的狭长条地块, 皆可从图像上区分出来。
- 3) 由于航高有限, 在航带中央所成的图像具正射投影的特征, 航带边缘图像具明显压缩现象。
- 4) 在扫描过程中, 由航带边缘到航带中央, 记录到的波谱反射率的数值有系统性的畸变。
- 5) 因成像平台的稳定性尚不能严格控制, 在图像上引起的几何畸变较大。

四、机载多光谱扫描图像的计算机处理

计算机数字图像处理的重点放在地物目标的自动分类上。为便于评价研究成果的质量, 还对不同类别的分类精度进行了统计检验分析。现将实际采用的工作步骤简述如下:

1. 图像的回放与实地踏勘

采用回放成图的照片实地踏勘, 查明成像时的主要地物类型与图像上灰度值变化的对应关系。

鉴于实地踏勘是在成像四年之后进行的, 地面实况已有较大变迁。实地踏勘的重点是, 查明成像四年来, 包括地物单元的归属在内的土地利用情况的演变, 弄清成像时研究区内的主要地物类型及其分布情况。初步建立了区内不同地物类型与不同波段图像间的对应关系。

2. 图像的预处理

图像预处理主要任务之一就是尽可能地消除系统性的辐射畸变, 从而揭示地物类型在图像上的真正可分性, 避免分类上的混乱。如图2所示, 在对图像进行辐射校正之前, 小麦和牧草的灰度值在5、8波段图像灰度值椭圆图上的分布是分散的, 而经过校正, 这两类地物目标的灰度值则明显的分别集中于两个区间。

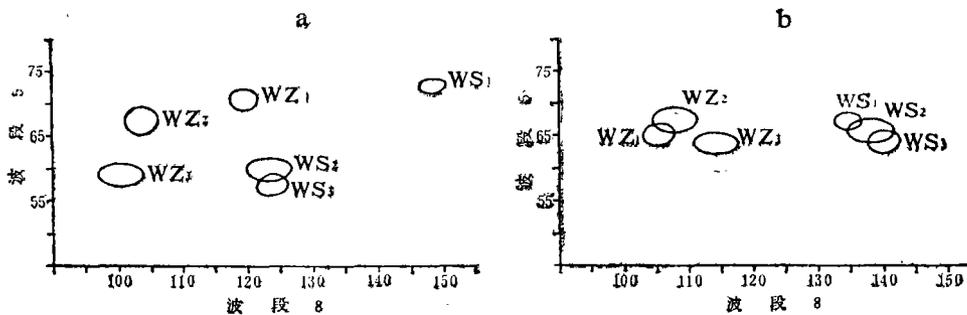


图2 辐射校正前(a)后(b)多瑙尔兴恩地区5、8波段机载多光谱扫描图像, 牧草(WS)和小麦(WZ)灰度值数值椭圆图

对比图2a与图2b就可以清楚地看出这种校正的实际效果, 有关地物类型之间的可分性得到明显改善。

3. 波段的选择

遥感手段的长处之一, 就是可以同时提供多个不同波段的地面波谱信息, 比如本文所用图像就有11个波段之多。但是分类的效果并不是与参加分类的波段个数成正比, 波段选择的基本原则是, 以尽可能少的工作量来实现研究目标。经常用到的波段选择方法有: 目视判别法、灰度值统计法和主分量分析法。

由于机载多光谱扫描图像波段较多, 故选用灰度值统计法进行波段选择。首先在目视效果较好的5波段图像上, 按待分类别分别圈出若干个小试验区, 其长宽分别为5-10个象元不等, 形态亦不规则, 主要依据就是实地踏勘的结果; 然后分别统计出不同波段图像上不同地物类别的灰度平均值及标准离差, 得到不同类别灰度值变化情况。统计结果表明, 除5、8波段外, 其它波段图像上, 各类地物目标的灰度值变化皆有较大的重叠部分; 而在5、8两个波段的图像上, 绝大多数的待分地物类型皆可较好的区分开。基于这种统计分析, 从11个波段中选取5、8两个波段参与进一步的自动分类。图3a显示的是未经辐射校正时, 5、8两个波段的图像上各类地物目标的可分性, 虽有少量重叠, 但大体是可分的; 辐射校正, 其可分性得到明显改善(图3b)。

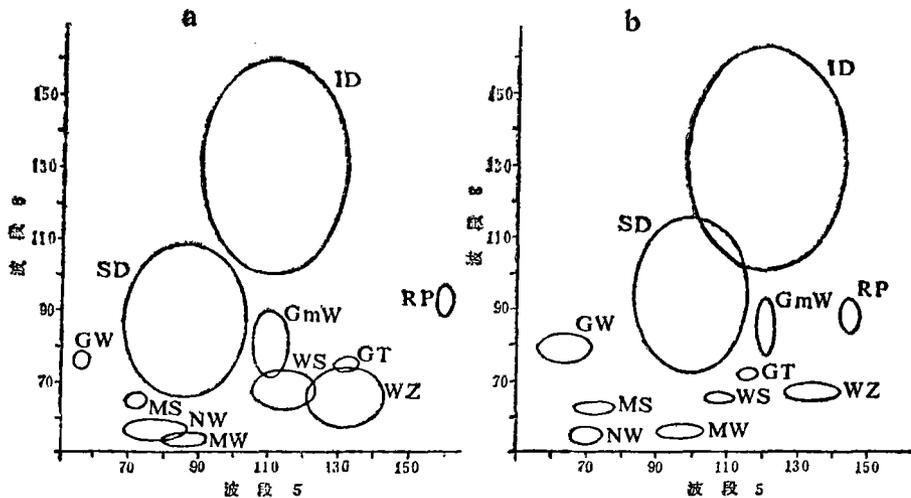


图3 幅射校正前(a)后(b)研究区内机载多光谱扫描图像5、8波段分类椭圆图

NW. 针叶林; MW. 混叶林; SL. 居民区; ID. 工业区;

RP. 油菜; WZ. 小麦; GT. 大麦; WS. 牧草地;

GmS. 收割的牧草地; MS. 玉米; GW. 水体。

4. 土地利用类别的自动分类

该分类是在西柏林自由大学地学系“GEOMAPS”图像处理系统上进行的。该系统可用三种方法进行监督分类: 平行六面体法、最大似然率法和最小距离法。本文采用的

是最大似然率自动分类法。该方法是以某一象元归属某一类别的可能性大小进行判别归类的。为获得较好效果,在分类过程中,还按多种分类指数进行试验,从中选取最佳分类指数。

根据实地调查结果,区内共有4个Ⅰ级、8个Ⅱ级、11个Ⅲ级待分地物类型,而GEOMAPS图像处理系统,一次最多可分出8个类别,为此,采用相同的步骤和参数,先后两次进行自动分类,然后用逻辑加的方法将两次分类结果叠加成图,得到分类结果。基本上达到了预定的研究目标;各类地物类型的分类精度多在80—100%之间。

5. 分类成果图像的几何校正和实地验证

判断分类成果好坏的唯一标准就是地面实况,因而要检验自动分类结果的可靠性,必须对分类成果进行实地验证。对大面积分类成果来说,简捷迅速而又行之有效的验证方法就是统计抽样检验法。

研究区的校证是以一比五万地形图为基准进行的。首先,在成果图上选出适当数量的控制点,所选各点既具有明显的图像特征,又易于在野外辨认;然后分别从图像和地形图上求出各控制点的座标值,并输入计算机;经计算各控制点的定位误差皆在1个象元点左右时,才由图像处理系统实施几何校正,得到整个研究区已经校正过的分类成果图。这时,图像上的边缘压缩现象基本得到消除,各地物目标的相对位置和几何形态基本上得以恢复,从而为实地验证奠定了基础。

全部验证结果记入一张分类成果实地验证统计表(表3),其上面的一行代表自动分类分出的类别;而左边的一列则为实际类别。代表相应同类地物行和列的交点处,记录的是二者相符的正分点数,其余各处记录的是各类误分点数及其分布情况。最右边的一列为各类的正分率,最下边的一行为误分程度。比如,混叶林的正分率为86%,而误分程度为27.1%,后者表明,有较多的其它类别容易被误分为混叶林。

表3 多瑙尔兴恩研究区机载多光谱扫描图像分类精度统计表

类 别	NW	MW	SL	ID	GD	WS	GMW	GW	精 度
针 叶 林	39	9			2				78%
混 叶 林		43	3	1	1	2			86%
居 民 区	1	4	41	3		1			82%
工 业 区			2	45			3		90%
农 作 物		1			47	2			94%
牧 草 地		2	1			46	1		92%
(割)草地			3	5	1	3	38		76%
水 体								100	100%
误差率(%)	2.5	27.1	18.0	16.7	7.8	14.8	9.5	0.0	

6. 分类精度的评价

本文采用HORD和BROONER(1976)引用的下列公式,计算在信度为95%时,研

究区内用机载多光谱扫描图像分类的精度：

$$N(X - 2\mu + u^2) < (1.96)^2 \mu (1 - \mu)$$

式中： $\left\{ \begin{array}{l} X: \text{平均精度} \\ N: \text{参加统计的随机样点数} \\ \mu: \text{求得的分类精度} \end{array} \right.$

表4的计算结果表明，在I、II两个级次上，机载多光谱扫描图像自动分类的精度均高于陆地卫星MSS和TM图像。单就机载多光谱扫描图像而言，其分类精度随着级次的增高而呈下降趋势，换句话说，分得愈细，其精度就愈低。

表4 不同级次上机载多光谱扫描图像分类精度及其与卫星MSS和TM图像分类精度的对比

级次	I	II	III
机载多光谱扫描图像	88.8%	87.3%	85.1%
卫星TM图像	79.9%	85.4%	----
卫星MSS图像	86.8%	85.0%	----

五、结论

研究表明，机载多光谱扫描图像既有较高的分辨率，又可直接对其进行计算机数字图像处理，各级次的分类精度达85%以上，可有效地应用于土地利用调查。

如果原始图像的几何精度甚低，成像预处理时的定位误差就较大，靠常规图像处理手段进行几何校正不仅要占用大量机时，而且很难达到预期目的。从而不但影响调查的时效，也妨碍其在土地利用调查中的应用。所以，提高成像平台的稳定性，尽可能地减少乃至消除成像时的几何畸变，确保原始图像的定位精度，对提高土地利用调查分类精度和工作效率是至关重要的。

(收稿日期：1989年1月9日)

AIRBORNE MULTIPLE SPECTRA SCANNING IMAGES APPLIED IN LAND INVESTIGATION IN DONAUESCHINGEN AREA, WEST GERMANY

Tan Haiqiao

(Testing Center of China Mining Industry College, Xuzhou)

Abstract

The feasibility and limitations of air-borne multiple spectra scanning images applied in land-use investigation are approached. The establishment of classification system for land-use, the correlation of images of different bands to different targets, the process of monitoring classification, statistical evaluation of classifying precision for the study area are discussed respectively.

According to the practical needs of land-use classification in the study area, two bands are chosen from original 11-band images, and applied in automatic classification with the desired results come about.

The results show that airborne multiple spectra scanning images have both advantages of aerophotos and satellite images, which will give higher resolution as well as make digit image processing with the aid of computer. It can be also regarded as an effective measure of remote sensing in land-use investigation. But due to the unstability of image forming platform, the reliability of image formation and results of investigation are often affected, which limited its wide use in land-use investigation.