

森林资源动态监测 与林业调查实用技术手册

◎ 本书编委会 编

森林资源动态监测与林业调查 实用技术手册

主 编 本书编委会

第三卷

宁夏大地音像出版社

一、目视判读原理

(一) 影像模型与地物特征

遥感技术延长了我们的视力,使人类能从上千千米的太空,以紫外到微波的宽频段迅速、清晰地记录下地表景观,并以微缩的形式——影像保存下来。目视判读实际上是通过分析这种“微缩”了的影像模型来再现地表真实景观的。所以说目视判读是遥感成像的逆过程(图 3-3-37)

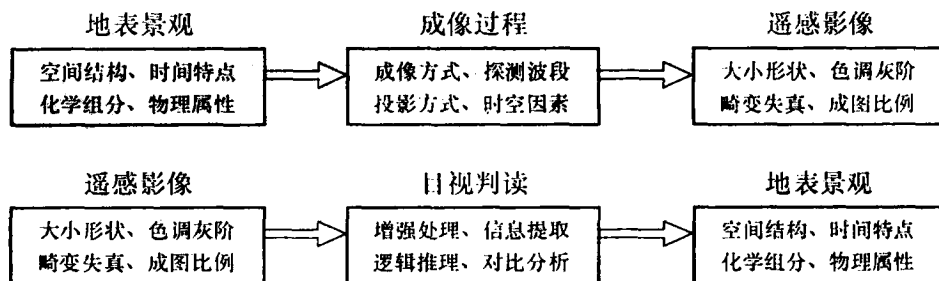


图 3-3-37 遥感成像与目视判读

在成像过程中,地表景观被各式各样遥感平台所搭载的传感器以不同的工作方式、不同的投影方式在不同的工作波段记录下来,形成各种遥感影像。目视判读首先要弄清成像机理与遥感影像的关系,以及遥感过程对影像的影响,再从分析影像的性质入手,区分出不同地物目标,了解或推测地物的性状。

影像模型的色调、灰阶主要记录了地物由于理化性质差异引起的电磁辐射变化,地表景观的空间结构特点主要反映在影像模型的坐标位置和图形、图案中。

1. 影像色调与地物电磁辐射差异

无论是光学模拟影像还是数字化影像,都记录了地物瞬时的反射或发射的电磁辐射能量信息。因此,任何一幅遥感影像都可以用一个多变量的灰度函数表示:

$$G = f(x, y, z, \lambda, t)$$

式中, G 为灰度函数,数字图像中是以数字表示的灰度值,光学图像中表现为灰阶或色调;

x, y, z 为地物目标的空间坐标;

λ 为探测波段波长;

t 为时间变量。

G 每一取值 g_{ij} 都是对应地物在波长范围为 $\Delta\lambda$ 内反射或发射的电磁辐射能量的记录。分析影像模型中 g_{ij} 的变化一方面可以区分电磁辐射性质不同的地物,另一方面又可根据 g_{ij} 分析地物的理化性质。

(1) 影像色调与反射辐射

在反射波段, g_{ij} 取值显然取决于地物反射率 ρ_{λ} , 反射率越高则 g_{ij} 取值越高, 在光学黑白图像 (如黑白航片) 上色调越浅, 在离散化的数字图像上 g_{ij} 数值越高。在彩色或假彩色合成影像上则需具体分析各种色调对应的波段或者代表的真正含义。如真彩色航片, 影像彩色模型与记录的景观地物色光一致, 分析起来就简单得多。

彩红外航片由于成像时胶片上乳胶层 (黄、品、青) 感光时并不是蓝、绿、红, 而是向长波方向移动一个光谱带, 变成绿、红、红外。所以彩红外航片上的彩色与自然界的真实色彩并不相同, 像片上的蓝色是感受绿光形成的, 绿色和红色分别是感受了红光、红外光形成的。绿色植被由于叶片在近红外波段的反射率远远高于绿光和红光波段, 所以三色合成后仍是红色。特别应当指出, 人眼观察到的自然界同一种彩色的不同地物极有可能会在彩红外航片表现出不同色调, 比如绿色树木与绿色的琉璃瓦, 前者会表现为红色, 后者有可能是蓝色。

对于多光谱图像中的单波段数字图像, 如 TM1, 2, 3, 4, 5, 7, ETM1, 2, 3, 4, 5, 7, PAN 等, 其本身就是地物反射辐射强弱的量化, 可以根据不同地物在该波段上的反射率高低差异直接判别。例如水体, 由于红外辐射很弱, 所以它在 TM5 波段上的影像呈现深色调, 而在 TM1 和 TM2 波段上其色调就相对地浅一些。绿色的植物对红外辐射较强, 它在 TM4 波段上的影像色调较浅, 而在其他 TM 波段上色调就相对地深一些。

假彩色合成图像本身是根据判读对象和要求, 以突出判读内容为目的而合成的像片, 其影像色彩都是人为的。因此应用这种像片判读, 必须了解假彩色合成图像生成的机理, 以便建立起景物色彩与影像色彩相对应的判读标志。

(2) 影像色调与发射辐射

热红外波段图像, 包括航空 (如机载热红外波扫描图像)、航天影像 (如 TM6, ETM6), 记载的是地物热辐射信息, 根据斯蒂芬—波尔兹曼定律, $M_e = \epsilon \sigma T^4$, 发射辐射能与绝对温度的四次方成比例。影像灰度值越高, 表明发射能量越多, 地物温度越高。

2. 影像几何性状与景观空间结构

地表景观空间结构“微缩”到影像上后, 三维空间基本上变成了二维平面, 但高程维数据仍以某种形式体现出来, 如航空像片立体观察建立的立体模型, 利用地形图校正后的影像图, 判读时可利用的阴影等。实际上雷达技术已经实现了三维观测。随着计算机图像处理技术和相关技术的发展, 三维景观图像会很快进入实用阶段。

理论上地表景观投影到平面的几何形状会按比例表现在影像模型上, 但由于比例尺、分辨率的原因, 在不同的影像上不同尺度的地物几何形状会有不同的表现形式; 由于投影方式、成像系统、地球自转等复杂原因形成的各种几何畸变, 也会给通过影像几何性状目视判读造成困难。

(1) 影像分辨率与比例尺

影像分辨率与比例尺是不同概念。比例尺是借用地图学里概念, 一般指影像上单位长度代表的实际长度。航空像片比例尺是指航摄时负片的实际比例尺, 如果洗像时放大, 比例尺自然发生变化。影像输出记录在介质上才有固定的比例尺, 而屏幕显示的数字影像没有固定的比例尺。

感光材料 (胶片、像纸等) 的影像分辨率是指组成影像的最小单元 (pixel) 的大小

与像元的灰阶或色标可加以区分的最小差异。像元可分辨的最小灰度称为影像的灰度分辨率。像元的大小称为影像空间分辨率。影像空间分辨率以每毫米多少条线或多少微米一个点来表示。胶片的银粒可细到每个点 $1\mu\text{m}$ ，即 1 000 线/mm。

遥感成家时根据探测器镜头的分辨力和视场角的大小，在选定的传感器和胶片条件下形成的影像像元的大小就会固定下来，即影像分辨率。随着航高的不同，该像元所对应的地面线度或面积是不同的。换句话说，不同比例尺的影像，同样大小的像元所代表的地面实际面积大小不同。航高越大比例尺越小，代表的地面面积越大；航高越小，比例尺越大，代表的地面面积越小。能被分辨的地面线度或面积称为地面分辨率。在扫描成像时地面分辨率相当于瞬时视场，它取决于三个要素，即

$$\text{IFOV} = \frac{H \cdot S}{f}$$

式中， S 为探测元件的边长；

H 为遥感平台高度；

f 为望远镜系统的焦距。

一幅影像可以缩放，因此像元的大小也可以被缩放，当像元被放大到人眼能辨别时，再放大也不能增加信息量，例如，一个 TM 像元代表的地面面积为 $30\text{m} \times 30\text{m}$ ，放大到 $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ ，仍然代表 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 的地面面积；若缩小到 $0.03\text{mm} \times 0.03\text{mm}$ ，人眼是看不见了，但用微密度扫描仪（步长 $5\mu\text{m}$ ）仍能读出这些像元，也还代表 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 的地面面积。

比例尺越大，地面分辨率越高，地表景观的空间结构细节在遥感影像上表现得越清晰，反之，则牺牲了精度。比如大比例尺航片上的一条 30m 宽的公路在 TM 影像上变成一条线， $30\text{m} \times 30\text{m}$ 正方形变成一个点。

2. 成像过程带来的畸变

成像过程带来的几何畸变在第八章已有详述，当应用这种未经几何校正的图像判读时，这些畸变必须考虑到。此外，一些特殊遥感影像，在目视判读时，应充分考虑其特殊性。

热红外图像上几何形状和大小只能说明物体热辐射的空间分布，不能反映物体真实的形状和大小。例如起飞后飞机尾部排出热辐射的影像形状和大小就不是飞机的真正形状和大小。

雷达图像是多中心斜距投影的侧视图像，具有一些与其他遥感图像不同的特点。图像比例尺的变化使图像产生明显的失真，一块正方形的农田会变成菱形。雷达图像具有透视收缩的特点，在图像上量得地面斜坡的长度比实际长度要短。当雷达波束俯角与高出地面目标的坡度角之和大于 90° 时，雷达图像将产生叠掩现象，即相对于飞行器，前景将出现于后景之后。如广场上一旗杆，在雷达图像上表现为顶在前，其根在后的一小线段，这与航空摄影中旗杆的影像正好相反。此外，在雷达图像上还会出现雷达阴影，即雷达波束受目标（如山峰）阻挡时，由于目标背面无雷达反射波而出现暗区。雷达图像的上述特点在目视判读中必须予以充分注意。

(二) 人眼生理构造与分辨力

人眼特殊的生理构造决定了对物体大小及色调的分辨力。超过这个分辨极限，再多的信息也不能解译出来。

1. 人眼的几何分辨力

人眼所能辨别的最小物体用眼睛所需张开的角度即视角的倒数来度量，如图 3-3-38。实验证明，正常人眼的分辨角为 $60''$ ，相当于 0.1mrad 。在明视距离 250mm 时，可分辨相距 $75\mu\text{m}$ 的两个点，相当于在 1mm 内能分辨 13 线或 6~7 线对/ 1mm ，眼球纵向直径约为 $24\sim 25\text{mm}$ ，而眼焦距约为 17mm ，在视网膜上能分辨的两个像点的距离约为 $5.1\mu\text{m}$ 。

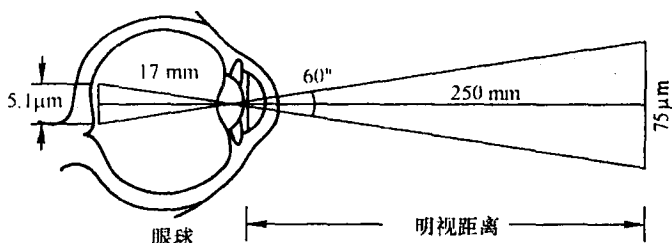


图 3-3-38 人眼空间分辨率

但需要指出，眼睛所能分辨的最小影像与地物所成影像的形状、反差以及观察时的照明条件有关。根据实验证明，眼睛对线状物体的辨别能力比对点状物体的辨别能力要强。照度的变化对人眼的分辨本领有很大的影响，加大照度，人眼分辨力也随之明显加大。反差对人眼的极限分辨角影响也很大，实验表明，复杂的影像背景下人眼的分辨力将大为降低。

2. 人眼的灰阶与色阶的分辨能力

据实验，人眼对灰阶的分辨能力最多到 $2^3 \sim 2^4$ 级。

人眼由于视网膜上的视锥细胞能感受三原色光，所以能够分辨颜色，有人根据实验认为，人眼在仪器帮助下可以分辨出上万种颜色。

(三) 目视判读标志

遥感影像上那些能够作为分析、判断景观地物的影像特征称判读标志或解译标志。解译标志又可分为直接解译标志与间接解译标志。这两者是相对的，有时一个解译标志对甲物体是直接解译标志，对乙物体是间接解译标志。

1. 直接解译标志

直接解译标志是判读目标自身特点在影像上的直接表现形式，有时是判读的充分条件。一般包括：

(1) 色调

是地物电磁辐射能量在影像上的模拟记录，在黑白像片上表现为灰阶；在彩色像片

上表现为色别与色阶。色调是最重要、最直观的解译标志,一般目视判读前都要通过反差增强和彩色增强等方法提取色调信息。

利用色调标志时要注意同物异谱与同谱异物。前者是指同一物体或性质相同的物体在不同条件下具有不同的光谱反射率,而表现出不同色调。例如同一种植被由于不同环境条件、不同生长期在同一影像上表现出各种色调;后者正好相反,即不同的地物可能具有相同或相似的光谱特征。

此外,还要注意各种原因导致的辐射误差影响,比如同一航片中心与边缘的色调差异。

(2) 阴影

阴影是指一部分地面的反射或发射信息被地物自身或物体之间相互遮挡而不能达到传感器的影像特征,表现出一种深色调到黑色调的特殊色调。阴影可造成立体感,这对判读很有益处。根据阴影的形状可以判断地物的性质。在大比例尺航片上甚至可根据阴影量测高度。

热红外影像上的阴影称为热力阴影,活动物体造成的热力阴影在物体移去后一定的时间内不消失。雷达影像上的阴影形成的立体感尤为显著,阴影中没有任何被遮挡的地物信息。

必要时可以利用多波段数据比值方法除去地形起伏引起的一部分阴影。

(3) 形状

形状是地物轮廓在影像平面上的投影,需要根据影像比例尺和分辨率具体分析地物形状,也需要注意畸变对形状分析的误导,比如雷达图像、航片等边缘的变形。

(4) 大小

大小是地物的尺寸、面积、体积等在影像上按比例缩小的相似记录。目视解译时,在不同比例尺的影像上能识别的地物是可以估算的。有些情况下可以在影像上量算地物的尺寸。应用这一标志也应注意投影方式和畸变影响。

(5) 位置

是指地物之间彼此相互关联关系在影像上的反映。例如沿海岸分布的滩涂、盐池、沙滩,湖边的芦苇,荒漠中的红柳,火山附近的熔岩,这种由生态和环境因素引起的相互印证的位置关系有时会成为判读的充分条件。此外,许多人为地物如交通设施、军事目标等都可以根据位置作出判断。

(6) 布局

是景观各要素之间,或地物与地物之间相互有一定的依存关系,或人类活动形成的格局反映在影像上形成规律性的展布,如植被分带、不同形态沙丘分布、城市建筑、土地利用等。

(7) 图案

是景观地物几何特征随影像比例尺变化在影像上的模型系列。比如,绕山分布的梯田在航片可清晰判读,但在卫星影像上则成为条带状图案。

(8) 纹理或质地

纹理是地物影像轮廓内的色调变化频率。点状、粒状、线状、斑状的细部结构以不

同的色调呈一定的频率出现,组成轮廓内的影像特征,这常常是解译地物的重要标志。例如沙漠中的纹理能表现沙丘的形状以及主要风系的风向;岩石纹理或质地能分析岩性。

2. 间接解译标志

由于遥感技术的局限性,许多问题不能直接从目视判读直接获得答案,例如石油天然气、环境质量评价、城市人口分布、军事设防,都需要从其他相关事物之间的联系,透过表面的“蛛丝马迹”,通过由此及彼、由表及里、去伪存真的逻辑推理获得判断,这一过程叫间接解译,新采用的依据称间接解译标志。间接解译标志灵活、变化、难有规律可循。建立间接解译标志需要丰富的知识背景和严密的逻辑推理,有时甚至需要建立各种模型,因此是一种综合分析、相关分析方法。

不同的专业判读有不同的间接解译标志,比如,进行地质构造分析可以把水系形态、地貌类型作为间接解译标志;土壤判读可以从土壤发生学原理把植被、岩性、地形地貌、气候水文、人类活动许多标志作为间接解译标志;也有人进行城市人口判读时将建筑密度、楼层数、商业网点作为间接解译标志。

二、目视判读的方法与步骤

(一) 目视判读的方法

如果将目视判读看作一个完整的研究工作,应当包括资料准备、影像增强处理、判读分析几个方面。

1. 遥感资料准备

判读工作包括遥感影像资料准备和一般背景资料准备(如图件、相关研究资料等),在此只介绍遥感影像资料准备。

(1) 选购遥感资料的原则

遥感资料种类繁多,如何选择应遵循以下原则。

① 根据目的选择

每项工作都有具体的研究对象和目的,也都存在时间、经费、条件等限制,所以应根据使用遥感资料的目的、任务选购最佳的遥感资料。一般而言,航空遥感影像利于大比例尺调查工作,但处理、成图不如航天遥感快捷,成本也比较高。航空遥感的优点是时间安排灵活,不像卫星有固定的过境时间,这在处理诸如水灾、火灾等突发事件中可及时获取资料。航天遥感资料一般范围大,花费低,且大多数是数字影像,处理快捷、成图方便准确,又有多时相、多波段、多星种、利于周期性观测等优点。

② 根据条件选择

遥感资料的处理手段和提取信息的方法技术对遥感资料的应用效果有着直接的影响,例如对数字图像和光学图像来说,前者需要计算机的设备和自动分类的技术,后者则需要一般的光学设备和目视判读的技术。因此,必须根据所具有的设备条件、技术力量、经费情况恰如其分地选购遥感资料。

③多方利用、提高效益

遥感信息十分丰富,同一遥感资料可供多方面的应用。例如,一次航空遥感获取的资料可供城市规划、管理、测绘、环保、园林、交通、水利、工业、地质等多方面使用。这就需要精心组织各行业部门共同完成,从而降低成本,提高经济效益。

(2) 选购遥感资料几个具体问题

目前可供选择的遥感数据从航空到航天,从可见光到微波,从多波段到高光谱,各种类型、各种分辨率、各种价格的数据使遥感资料选择成为判读解译首要问题。

①遥感资料类型选择

由于航空、航天遥感资料的特点,特别是航空遥感花费大,使得近些年在许多应用领域内航天遥感取代了航空遥感。特别是随着航天遥感数据分辨率提高,其应用越来越广泛。但航空遥感以其灵活方便,特别是利用小飞机遥感,在某些情况下仍有其优势,例如在 1998 年抗洪过程中航空遥感发挥了重要作用。

目前我国地面站接收的民用遥感数据有:陆地卫星系列(MSS, TM, ETM)、法国 SPOT、雷达卫星 RADARSAT、ERS、JERS 数据,间接分发印度 IRS-1C、高分辨率卫星 SPIN-2 数据。这些航天遥感数据覆盖了从可见光到红外、微波各个波段,地面分辨率最高可达 2m (SPIN-2, KVR-1 000)、5.8m (IRS-1C, Pan)、0.61m (QuickBird),不但可供各种目的的遥感调查工作选择,制图精度也能大大提高。读者可通过有关网址查询详细资料。

②波段选择

各类地物的电磁辐射性质各不相同,传感器的工作波段是在“大气窗口”中选择的,其位置是根据地物反射辐射(或发射辐射)特性和探测的目的来确定的。因此,在考虑遥感信息的具体应用时,必须根据遥感信息应用目的和要求,选择地物波谱特征差异较大的波段图像,即能突出某些地物(或现象)的波段图像。表 3-3-18 是 Landsat 卫星 TM、ETM 波段设计时的主要探测对象。实际工作中有两种方法:一是根据室内外所测的地物波谱特征曲线,直观地进行分析比较,根据差异的程度,找出与之相对应的传感器的工作波段;二是利用数理统计的方法,选择不同波段影像密度方差较大且相关程度较小的波段图像。

表 3-3-18 TM、ETM 波段主要功能

波段	波谱范围/ μm	主要功能
1	0.45 ~ 0.52	沿岸水域制图,区别地表/植被,区别落叶树/针叶林
2	0.52 ~ 0.60	测量水质和正常植被的绿色反射率
3	0.63 ~ 0.69	鉴别植被种类、人工建筑和水质
4	0.76 ~ 0.90	调查生物量,绘制水体边界
5	1.55 ~ 1.75	测量植物含水量,鉴别云和雪
6	10.40 ~ 12.50	测量作物热状态,绘制其他热分布图
7	2.08 ~ 2.35	绘制液热图,识别岩性土壤类型和人工建筑

波段选择包括两方面,除以上从信息量角度考虑外,还应尽量顾及到目视判读的效果。特别是多波段数据,由于假彩色合成影像最终只能采用三个波段,所以波段组合对目视判读的效果十分重要。比如,进行地质判读采用 TM531 组合,而避开反映植被信息最丰富的 TM4 波段;而进行作物监测利用 TM432、TM543、TM742 较好,比较好的方法是利用计算机变换组合观察配合输出影像的目视判读。

③时相选择

自然界除植物生长有明显的季节变化外,地表景观也会由于季节变化产生差异,比如气候干湿变化会引起地表土壤含水量变化,而这些都会对电磁波辐射特性产生影响。所以针对不同的对象和目的,选择适当的时相是提高目视判读效率的另一个值得注意的问题。

对于农作物调查,应该选择作物不同生长阶段且在遥感图像上有明显反映的时相。如小麦、水稻和玉米的拔节期至成熟期,叶面积指数和单位面积的叶绿素含量增长到最多,绿度最大,因此这一时期是利用遥感调查农作物面积、长势和产量的最佳时期。我国农作物遥感估产研究分为夏收作物和秋收作物两种,前者主要指麦类作物和早稻,后者主要指玉米、高粱、豆类和谷类等。用遥感方法确定它们的面积和产量的最佳物候期是成熟期前后,但我国幅员辽阔,地域差异大,所以要根据当地农事历来确定。

灵活运用植被的物候变化选择不同时相的影像对于区分不同种属的植被十分有效。例如,进行北京地区植被判读时发现,北京地区秋季植被枯萎顺序是各种草被、灌丛、落叶林;相反,返青顺序是不同的落叶树、灌丛、草被。选择秋季 10 月中下旬影像最利于区分草被,但灌丛与落叶树有时混淆;深秋至冬季影像很容易区分针叶林;5 月中下旬影像有利于区分灌丛与落叶树。

对于与地质有关的遥感工作,显然希望避开植被干扰。冬季植被枯谢,岩石土壤裸露,对地质解译有利,热带地区旱季植被影响相对小些。根据研究的内容去选择遥感信息的时相,这是遥感信息处理分析的重要前期工作。

为了正确地选择遥感信息的时相,应该认真地分析研究遥感任务的具体要求和所研究对象的变化情况,了解是否存在一个有规律的变化周期,在该周期内是否有最佳的信息获取时间。不但自然界存在季节变化,人类活动也会受到气候变化影响,比如建筑业。因此,在进行与人文方面遥感研究时同样要分析类似的时相问题。

④比例尺与分辨率选择

显然,清晰度高的图像能反映物体实际形状、纹理和图案,有利于判读和识别地物。比如大比例尺航片判读时,通过放大镜能看清树冠、分清灌草、灌丛,可区分树种、作物,利于土地利用等判读。但比例尺越大,数据量越大,工作量越大;但有些宏观现象在大比例尺图像上反而不易判读,比如延伸很远的大型地质构造(如宽大的隐伏断裂,褶皱)在大比例尺航片有可能观察不到。这是由于它的规模过于宏大,小范围反而表现不完整。

图像能否满足判读和量测的需要,得从判读的对象考虑。大规模的自然现象经过影像镶嵌缩小才能表现出来;细节则要放大才能表现出来,当然放大的极限与地面分辨率有关,放大并不增加信息量,只是使人眼看到了原来没有看到的信息。对于“静止的”

或变化缓慢的自然现象,有时只需选择特定波段、特定时间、特定比例尺就可完全识别。对于动态的自然现象,则需要多波段、多时间、多比例尺的影像进行分析才能完全掌握它的动态变化。

实际工作中常常用卫片判读控制全局,辅以航片判读照顾细部。

当需要利用遥感影像解译制图时,成图精度是选择比例尺与分辨率的另一决定因素。例如,县级以下土地利用判读和制图涉及到土地权属问题,精度要求比较高。成图比例尺越大,要求遥感影像分辨率越高。比如天津市的土地利用制图是用彩红外航片制成正射投影影像地图,在其上判读后转绘成图的。据研究, TM 多波段数据最大制图精度只能达到 1:100 000。目前,只有少数高分辨率如 QuickBird、IKONOS 数据能满足大比例尺土地利用制图精度要求。

值得指出的是,对同一传感器而言,同时提高其空间分辨率和辐射分辨率(探测器能区分两种辐射强度最小差别的能力)往往存在矛盾。这是因为提高几何分辨率的主要途径是缩小瞬时视场,这必然使探测元件所能接收到的辐射能量相应减少,从而降低了图像的灰度等级。在实际工作中,可以考虑把一种具有较高几何分辨率的遥感图像与另一种具有较丰富辐射信息量的遥感资料复合起来,以兼取两者的优点,如第八章所介绍的融合方法。

2. 增强处理——判读前期准备

随着计算机硬件的迅速发展和计算机图像处理技术日趋成熟,利用计算机处理遥感数据已经十分普遍了。具体方法第八章已有较为详细的介绍,值得一提的是,可以借助计算机辅助光学影像(如航片)判读,把航片扫描入计算机后可以随意缩放、旋转、增强、镶嵌。这样,航片中的信息得到充分利用。再如,扫描时提高分辨率,航片在计算机屏幕可放大 5~10 倍,远好于放大镜观察效果。还可利用相关软件将航片转变成正射投影等等。总之,利用计算机和相关设备辅助光学影像判读会大大提高效率。

3. 判读具体方法

(1) 判读原则

图像判读时,一般应遵循以下原则:

①多种信息综合分析

许多遥感判读工作都要综合多学科、多手段信息,比如石油构造判读,要运用重力、航磁、人工地震、化探等种种信息,才能保证工作的精度。土壤、地质调查需要实地采样分析,植被调查要有实地样方资料等等。

此外,遥感判读过程中也要注意卫片与航片、主图像与辅助图像、图像与地形图、专业图和文字资料相结合,才可以使判读取得更多已知条件,增加更多影像信息,供进一步分析判断。

②多手段、多方法相结合

最早的目视判读只靠简单的放大镜、透图台、立体镜,现在则可充分利用计算机及外围设备,比如利用计算机辅助判读,还可以将地形图扫描入计算机与遥感影像配准、叠加,这样判读十分方便、准确。

③内外结合、保证精度

要注意室内判读与野外实地对照相结合的原则。根据这项原则建立判读标志, 校核室内判读结果, 补测必要的实地数据等, 使图像判读的质量进一步得到提高。

任何专业判读都有不同的精度要求, 衡量判读成果优劣要经过科学的验证。通常采用统计抽样方法, 保证判对率在允许范围内。对于重要对象或目标甚至要保证百分之百的准确率。需要面积量算还要保证专业成图的面积精度。

(2) 判读方法

①直接判定法

根据地物色调、图形、大小等直接标志判定, 有些标志有其确定性, 或算作充分条件, 经这种标志解译出的目标就可以确定下来。而有些标志可能是某类地物共有的标志, 这就需要其他更多的标志进一步佐证。一般来说, 大比例尺航片上地物几何形态完整, 确定性标志更多, 利于直接判定。卫星图像由于分辨率低原因, 特别是气象卫星、资源卫星如 MSS、TM 影像, 一般地物个体的形态、细部特征都难以表现出来, 这种情况下, 有些像元纪录的是地物的平均辐射值, 称混合像元。因此, 在卫星图像上直接判定一般是依据其色调标志和图形标志进行, 而且一些大尺度的目标或自然现象相对容易直接判定, 如农田、断裂构造。而有些对象 (特别是几何尺寸等于或小于像元尺寸的地物) 的分析判读 (比如城市土地利用类型判读) 需要进行各种标志的综合分析, 要相互对照、互相补充印证。应指出, 色调标志在卫星图像直接判定中更显得重要。在确定卫片判读解译标志或对于难以辨清的图斑应借助或与航片配合进行。

②对比分析法

对比分析法是对不同遥感影像、卫星图像不同波段、不同时相的图像进行对比分析, 以及与其他已知资料、方法获得的结果或实地进行对比分析。不同情况下对比分析的目的和效果不一样, 比如遥感信息与非遥感信息可能是互为佐证关系, 不同波段数据是一种补充关系等等。由于许多地物及欲观察现象在不同的空间尺度、不同波段、不同时间系列才能表现出差异或变化来, 所以, 通过对比分析才能有效地进行判读。比如, 卫片判读发现的隐伏断裂反映的是断裂引起的沉积物厚度、地下水埋深变化造成的色调差异; 而人工地震反映的是地震波传播过程中在断裂两侧产生的变化, 这两种信息互为佐证, 对确定断裂存在更有把握。类似方法是石油地质、工程地质、地质找矿等实际工作中常用手段。

不同波段、不同分辨率的影像对比分析利于判定地物性质、区分相似目标。比如在热红外波段, 城市热岛、煤田自燃、地下温泉露头这些现象都可以清清楚楚判读出来, 但在可见光波段就没有显示。不同分辨率和比例尺的影像对比利于宏观与微观现象、目标轮廓与细部特征的补充分析。比如, 研究植被区域分布规律显然大范围卫片一目了然, 但判读植被种属无疑航片显示得更清晰。

通过对不同时相的遥感图像的对比分析, 既可把不同的地物和现象识别出来, 也可以揭示同一事物的变化趋势。例如, 前面讲过的植被判读实例, 就是利用不同时间系列卫星图像区分容易混淆的植被群落。不同时相对比分析另一广泛应用是监测同一事物的变化, 如地壳运动、河口海岸变化、水土流失、植被演替、冰川进退等, 这既是一种目视判读的方法, 也是遥感技术的重要应用领域。

③逻辑推理法

遥感影像判读过程就是一个逻辑推理过程,特别是卫片判读,更多的是应用地学规律和实际经验,分析各种地物和自然现象间内在联系,结合图像上表现出的特征,判定某一地物和现象的存在及其属性。

遥感影像视域宽广,能显示较大区域的地物和现象的空间分布规律。根据这些地学规律和现象的相互依存关系,运用逻辑推理,就能由此及彼,由表及里,寻找出识别地物的依据,从而提取更多有用的信息。例如,从水系分布的格局、形态可推断出有关地质地貌方面的信息;从植被类型分布,可推断出土壤类型等方面的信息。逻辑推理是确定间接解译标志的依据,是对直接解译的深化,需要丰富的经验及扎实的专业基础。

(二) 遥感影像判读步骤

目视判读步骤大致可分为准备工作、室内判读、野外工作、成图总结四个阶段。

1. 准备工作阶段

(1) 准备资料

根据工作目的、区域特点准备适当的遥感影像资料,搜集相关资料、图件等,熟悉资料。

(2) 准备影像

选择最佳波段组合、最佳处理方案,获得最佳解译影像。

(3) 分析影像

将已有资料或地面实况,与图像对应分析,确认“地物原型”与“影像模型”之间的关系。分析影像的物理性质与几何性质,了解可解译的程度。

2. 室内判读阶段

(1) 建立解译标志

根据影像色调、阴影、图形、形状、大小、纹理、位置、相关布局特征,建立起原型与模型之间的解译标志,再根据解译标志对影像进行初步解译,确定野外检查解译标志的点、线。经验证、修改最终确定解译标志。

(2) 初步解译

利用各种辅助方法,依据解译标志进行目视解译,画出初步解译图件。解译工作可以用一般的透明薄膜、胶片,也可以用带有部分地图信息的复印透明片蒙在影像上进行,视解译对象而定。更可以利用相关的软件计算机辅助制图。

3. 野外工作

(1) 核实解决疑难

解决室内未确定的疑点图斑,补充室内工作遗漏内容。

(2) 检查成果精度

抽样调查或重点调查工作区的解译成果精度。要根据精度要求,按统计抽样的要求布点检查。如不合格,要重新修改解译图。

(3) 其他野外工作

有些工作需要野外采样,如土壤解译等。

4. 成图总结阶段

(1) 成图

将合格的解译草图根据专业的要求,按一定比例尺经制图综合转绘成图。一般都是采用遥感系列成图的方法,分要素或按不同需要和功能分别成图,形成系列。如需要,还要进行面积量算。

早期的遥感制图基本是手工完成的,一般是经过草绘、清绘、制图综合制成专题图,如果需要出版,还需要经过一系列制版印刷过程。现在则是在计算机辅助下制图,有些是前期解译由人工完成,再输入计算机利用相关制图软件编辑制图;有些是在一体化的 RS 软件、GIS 软件、制图软件支持下基本由计算机完成。例如,我国自主开发的 MAPGIS 软件就具有功能齐备的制图模块。

(2) 提交成果

最后的文字报告、数据、结论。

三、土地利用判读实例

(一) 土地利用分类

1. 土地与土地利用

土地是自然地理各要素,包括地貌、气候、水文、植被和土壤,以及人类活动影响在内,于地表环境某一地段内相互联系、相互作用所形成的自然综合体。土地利用是人类依据土地资源的自然属性特点有目的地加以利用的实况。显然,随时掌握土地利用的现状,了解土地利用的规律,探讨土地合理利用的方向和途径是各国、各级政府合理配置资源、实施可持续发展的大事。

利用遥感技术进行土地利用现状调查具有快捷、经济的优点,在我国已得到了广泛应用。它标志着我国土地资源管理已经进入现代化阶段。

2. 土地利用分类系统

我国在 1984 年发布的《土地利用现状调查技术规程》中制订了《土地利用现状分类及含义》,又在 1989 年发布了《城镇土地分类及含义》。随着社会主义市场经济发展和《土地管理法》的颁布实施,原有的分类系统已无法满足现时需要。因此,国土资源部于 2001 年 8 月颁发了土地分类系统规范,以加强新形势下的土地资源管理。其分类原则及分类体系如下:

(1) 分类原则

土地利用分类是以土地的覆盖特征、经营目的和利用方式为主要标志进行分类,用以反映土地利用现状和研究土地利用问题。土地利用分类是土地利用调查和制图的基础,它在很大程度上决定着调查的科学内容和应用效果。因此,在进行分类时要考虑以下几个原则来体现分类体系的科学性、实用性、连续性。

① 实用性和科学性相结合原则

在尽量满足当前我国土地管理需要的情况下,维护土地分类的科学性,并尽可能与

其他部门的相关规定和国际惯例保持一致。

②连续性原则

土地分类标准既要发展、修改,又要同原有体系和调查成果相衔接,尽可能小改、不改,也为以后的发展留有余地。

③多途径满足土地管理的需要原则

通过修改土地分类体系最大满足管理需要的同时,必须考虑通过其他渠道、方法来满足单靠修改土地分类尚难以满足的那部分需要,并在修改中为之创造条件。如城市、建制镇、村庄的建设用地面积将另行单独列表统计。

④精简、协调的原则

凡能精简、归并的地类尽量归并,并使修改后的土地分类与原有土地分类相协调,既为过渡到城乡统一分类创造条件,又尽可能减少过渡成本。

(2) 分类体系

表 3-3-19 是修改后的我国土地利用分类系统。

3. 土地利用与土地覆盖分类

遥感方法在使用传统分类系统判读时,对一些地类,特别是与自然属性无关的地类,难以判读清楚。比如建筑物,属于军事设施的为军事用地,属于名胜古迹的为旅游用地,属于公路附属设施的为交通过地等。为此,有人主张用土地覆盖的概念代替土地利用,并提出适用遥感特点的分类系统,表 3-3-20 是 20 世纪 70 年代美国提出并一直沿用至今的分类系统。

土地覆盖较为侧重土地自然状态,土地利用侧重的是其社会属性,即人类生产活动中有目的利用状态。由于国情不同,我国目前很少采用上述分类。但在实际工作中有人主张及早制定反映目前技术特点的土地利用分类系统和调查规范。

(二) 遥感土地利用判读特点

1. 区域性与时间性

由于地理要素的地带性和经济发展的区域差异性,土地利用具有明显的区域特点。所以了解工作区的自然地理条件,甚至社会经济状况,有助于了解土地利用规律。

植被生长以及农业生产活动的季节变化是土地利用判读的另一特点。因此,土地利用判读要了解当地的农事历、物候,据此选择适当时相的遥感影像,并结合成像时间分析不同植被生长以及耕地的利用状况,从而掌握不同土地利用类型在遥感影像上的影像标志。

2. 遥感数据类型与成图比例尺

根据土地利用现状调查的级别和制图精度要求,应选择不同的遥感数据。表 3-3-21 是不同成图比例尺上土地利用调查适用的遥感数据。

表 3-3-19 中国土地利用分类 (试行)

一级类		二级类		三级类		含 义
编号	三大类名称	编号	名称	编号	名称	
1	农用地	11	耕地			指直接用于农业生产的土地, 包括耕地、园地、林地、牧草地及其他农用地
						指种植农作物的土地。包括熟地、新开发复垦整理地、休闲地、轮歇地、草田轮作地; 以种植农作物为主, 间有零星果树、桑树或其他树木的土地; 平均每年能保证收获一季的已垦滩地和海涂。耕地中还包含南方宽 < 1.0m, 北方宽 < 2.0m 的沟、渠、路和田埂
				111	灌溉水田	指有水源保证和灌溉设施, 在一般年景能正常灌溉, 用于种植水生作物的耕地, 包括灌溉的水旱轮作地
				112	望天田	指无灌溉设施, 主要靠天然降雨, 用以种植水生作物的耕地, 包括无灌溉设施的水旱轮作地
				113	水浇地	指水田、菜地以外、有水源保证和灌溉设施, 在一般年景能正常灌溉的耕地
				114	旱地	指无灌溉设施, 靠天然降水种植旱作物的耕地, 包括没有固定灌溉设施依靠引洪淤灌的耕地
				115	菜地	指常年种植蔬菜为主的耕地, 包括大棚用地
		12	园地			指种植以采集果、叶、根茎等为主的集约经营的多年生木本和草本作物 (含其苗圃), 覆盖度 > 50% 或每亩有收益的株数达到合理株数 70% 的土地
				121	果园	指种植果树的园地
						121K 可调整果园 指由耕地改为果园, 但耕作层未被破坏的土地
				122	桑园	指种植桑树的园地
						122K 可调整桑园 指由耕地改为桑园, 但耕作层未被破坏的土地
				123	茶园	指种植茶树的园地
						123K 可调整茶园 指由耕地改为茶园, 但耕作层未被破坏的土地
				124	橡胶园	指种植橡胶树的园地
						124K 可调整橡胶园, 指由耕地改为橡胶园, 但耕作层未被破坏的土地
				125	其他园地	指种植可可、咖啡、油棕、胡椒、花卉、药材等其他多年生作物的园地
						125K 可调整其他园地 指由耕地改为其他园地, 但耕作层未被破坏的土地
		13	林地			指生长乔木、竹类、灌木、沿海红树林的土地。不包括居民点绿地, 以及铁路、公路、沟渠的护路、护岸林
				131	有林地	指树木郁闭度 $\geq 20\%$ 的天然、人工林地
						131K 可调整林地 指由耕地改为林地, 但耕作层未被破坏的土地
				132	灌木林地	覆盖度 $\geq 40\%$ 的林地
				133	疏林	指树木郁闭度 $\geq 10\%$ 但 < 20% 的疏林地
				134	未成林造林地	指造林成活率大于或等于合理造林株数的 41%, 尚未郁闭但有成林希望的新造林地 (一般指造林后不满 3-5 年或飞机播种后不满 5-7 年的造林地)
						134K 可调整未成林造林地 指由耕地改为未成林造林地, 但耕作层未被破坏的土地
				135	迹地	指森林采伐、火烧后, 5 年内未更新的土地
				136	苗圃	指固定的林木育苗地
						136K 可调整苗圃 指由耕地改为苗圃, 但耕作层未被破坏的土地

续表

一级类		二级类		三级类		含 义
编号	三大类名称	编号	名称	编号	名称	
1	农用地	14	牧草地			指生长草本植物为主, 用于畜牧业的土地
				141	天然草地	指以天然草本植物为主, 未经改良, 用于放牧或割草的草地, 包括以牧为主的疏林、灌木草地
				142	改良草地	指采用灌溉、排水、施肥、松肥、补植等措施进行改良的草地
				143	人工草地	指人工种植牧草的草地, 包括人工培植用于牧业的灌木地
						143K 可调整人工草地 指由耕地改为草地, 但耕作层未被破坏的土地
						指上述耕地、园地、林地、牧草地以外的农用地
		15	其他农用地	151	畜禽饲养地	指以经营性养殖为目的的畜禽舍及其相应附属设施用地
				152	设施农业用地	指进行工厂化作物栽培或水产养殖的生产设施用地
				153	农村道路	指农村南方宽 $\geq 1\text{m}$, 北方宽 $\geq 2\text{m}$ 的村间、田间道路(含机耕道)
				154	坑塘水面	指人工开挖或天然形成的蓄水量 $< 10\text{万 m}^3$ (不含养殖水面)的坑塘常水位以下的面积
				155	养殖水面	指人工开挖或天然形成的专门用于水产养殖的坑塘水面及相应附属设施用地
						155K 可调整养殖水面 指由耕地改为养殖水面, 但可复耕的土地
				156	农业水利用地	指农民、农民集体或其他农业企业等自建或联建的农田排灌沟渠及相应附属设施用地
				157	田坎	主要指耕地中南方宽 $\geq 1\text{m}$, 北方宽 $\geq 2\text{m}$ 的梯田田坎
				158	晒谷场等用地	指晒谷场及上述用地中尚未包含的其他农用地
2	建设用地	21	商服用地			指建造建筑物、构筑物的土地。包括商业、工矿、仓储、公用设施、公共建筑、住宅、交通、水利设施、特殊用地等
						指商业、金融业、餐饮旅馆业及其他经营性服务业建筑及其相应附属设施用地
				211	商业用地	指商店、商场、各类批发、零售市场及其相应附属设施用地
				212	金融保险用地	指银行、保险、证券、信托、期货、信用社等用地
				213	餐饮旅馆业用地	指饭店、餐厅、酒吧、宾馆、旅馆、招待所、度假村等及其相应附属设施用地
				214	其他商服用地	指上述用地以外的其他商服用地, 包括写字楼、商业性办公楼和企业厂区外独立的办公楼用地; 旅行社、运动保健休闲设施、夜总会、歌舞厅、俱乐部、高尔夫球场、加油站、洗车场、洗染店、废旧物资回收站、维修网点、照相、理发、洗浴等服务设施用地