

# 遥感图像的光学处理

**概要** 利用计算机对遥感图像进行数字化处理的方法,虽然随着遥感热潮的兴起日趋重要,但是数字化处理需要大量贵重的外部设备,而且还不能失去光学图像处理的有效性。

在这篇文章里除了重新评价遥感图像的照相与光学处理技术之外,还将着重说明利用激光进行的相干光学信息处理技术。

## 1. 前言

地球资源技术卫星图像以及各种航空图像处理成照片之后发表的机会,随着遥感热潮的兴起而增多了。最近的倾向是计算机数字化处理方法相当盛行。这种方法不仅能简单地进行图像位置的校正,还可以提高图像信息的解析精度,所以今后将会广泛地采用。但是,计算机的使用即便是非常普遍,遥感图像的计算机解析方法,还是需要大量的外部设备的。例如需要处理的信息是照片图像的时候,首先要将这张图像附在行式扫描器上,数字化之后储存在磁带上,接着用计算机进行处理,然后再显示成图像。这样的图像处理所需要的外部设备是相当贵重,而且一般的地方也安置不了这些设备。所以,在目前有效地使用照相处理方法也是很重要的。利用激光进行相干光学信息处理的装置,设备价格既便宜,操作也比较简单,是今后应大力发展的一个项目。

## 2. 图象的光学处理

图像的光学处理大体上分两种:

- 1) 把原来图像直接处理的照相方法。
- 2) 用相干光学系统直接求出最佳光谱,来进行图形识别,或者插入匹配滤波器之后进行图像演算的方法。

### 2.1 图像的直接处理方法

这种方法是通过照相方法直接处理图

像,按演算来分类,照相方式如下:

#### a. 加法

把两张正片图像(不一样的图像也可以)分别在同一感光材料上曝光而得到的图像,与原来图像所包含的信号之和的绝对值成比例。

#### b. 减法

象图1那样,把一张正片和一张负片各自在同一感光材料上曝光之后,可以得到与原图像所包含的信号之差的绝对值成比例的图像。

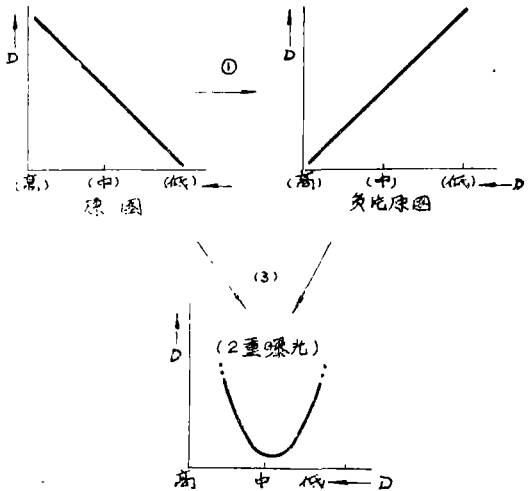


图1 照相方法的减法

#### c. 乘法

重合两张负片或者两张正片所得到的图像等于原图像所包含的信号之积,假设两张正片图像的浓度分别为 $D_A, D_B$ ,重合之后所得到的图像浓度 $D_{AB}$ 就是

$$D_{AB} = D_A + D_B$$

对于遥感图像来说,各个原图像都与物体反射率( $\bar{r}$ )和太阳辐射照度( $H$ )的积成比例,因此所得到的图像透过率 $T_{AB}$ 是根据

$$D_A = -\log(\bar{r}H)_A^{\nu_A}$$

$$D_B = -\log(\bar{r}H)_B^{\nu_B}$$

$$\text{得 } T_{AB} = (\bar{r}H)_A^{\nu_A} \cdot (\bar{r}H)_B^{\nu_B}$$

有时候把通过乘法得到的图像叫做“和照片”。

#### d. 除法

把两张负片图像里的一张变换成正片图像,把这张正片图像和其他负片图像重合之后所得到的图像就相当于原图像的除法。假设两张负片图像( $A \cdot B$ )的黑度分别为 $D_A$ 、 $D_B$ ,用 $D-\log E$ 曲线的直线部分制成B图像的正片。设它的黑度为 $D_B^*$ ,重合这些图像之后得到的图像黑度 $D_{AB}$ 用下式表示

$$D_B^* = D_0 - \nu D_B$$

$$D_{AB} = D_A + D_B^* = D_0 + D_A - \nu D_B$$

在这里 $D_0$ 是固定的黑度, $\nu = 1$ 的时候

$$D_{AB} = D_A - D_B$$

而且像前边所说的那样得到的图像透过率 $T_{AB}$ 的表示式是:

$$T_{AB} = \frac{(\bar{r}H)_A^{\nu_A}}{(\bar{r}H)_B^{\nu_B}}$$

从这个公式里可以得知,这个图像是原图像的除法。用除法得到的图像也叫做比例图像,双频带图像或者差异图像。

### 2.2 信道比例图像

这个图像是由不同信道用除法得到的,由遥感图像得到的信号与读出的辐射亮度成比例。

$$L_i = T_{\lambda} r_{\lambda} H_{\lambda} + B_{\lambda}$$

在这里 $T_{\lambda}$ 是大气透过率, $H_{\lambda}$ 是照明照度, $B_{\lambda}$ 是大气中的烟雾和因雾引起的传递辐射线。对于所求对象的辐射特性 $r_{\lambda}$ ,大气透过率以及照度是相乘的,传递辐射线是相加的。因此,不同的2个信道的比例图像比起各自单独的图像来,这些因素的影响可以说是比较小的。

现在研究一下传递辐射线影响较小的情

况。

假设在*i*信道且相互不同的条件下获得的信号为 $S_i$   $S_i'$ ,读出的辐射亮度分别为 $L_i$ 、 $L_i'$ 。

$$S_i \propto L_i, S_i' \propto L_i'$$

比例图像的公式是

$$\frac{S_i}{S_j} = \frac{L_i}{L_j}, \frac{S_i'}{S_j'} = \frac{L_i'}{L_j'}$$

在这里要是考虑到辐射照度或者大气透过率等相乘因素变化的情形,则

$$L_i' = K L_i$$

$$\frac{S_i'}{S_j'} = \frac{L_i'}{L_j} = \frac{K L_i}{L_j} = \frac{L_i}{L_j} = \frac{S_i}{S_j}$$

制成比例图像,便可以得到消除了这些变化因素的图像。实际上这种场合,辐射照度的变化没有那么大;而且对于使用的信道的波长,相乘因素几乎是一定的,所以比例图像的补偿虽然不能说十分精确,但是对于一般的判读,识别是没有什么影响的。

相加的传递辐射线影响主要是由雾及烟尘产生的后方散射引起的,对于很高的高度的航空摄影或者卫星摄影有很大的影响,图像上的信号 $S_i$ 可以简单地表示为

$$S_i = S_i + b_i$$

$b_i$ 是因传递辐射线引起的,所以要用波长、摄影角度和大气条件的复杂函数确定。

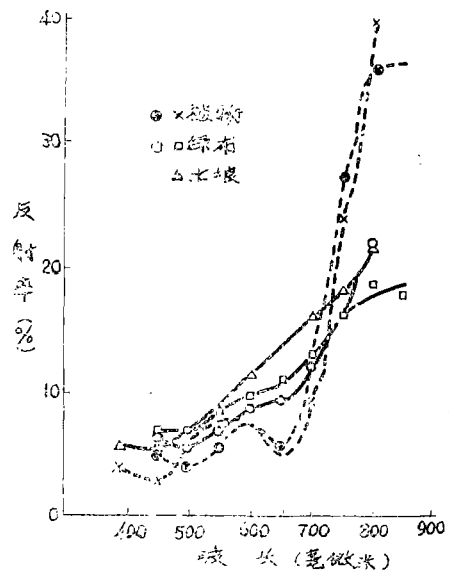


图2 物体和植物的光谱反射率

$$\frac{S_i}{S_j} = \frac{S_i + b_i}{S_j + b_j}$$

$b_i, b_j$  对于信号除了少到可以忽略不计的程度之外, 通过比例图像是不能够消除的。一般来讲, 为了从图像信号中消除传递辐射线, 要进行计算机数字处理。

如上所述, 消除了大气影响的图像按照以下的公式表示成与地面物体的反射特性成比率。

$$\frac{S_i}{S_j} = \frac{T_i H_i \bar{r}_i}{T_j H_j \bar{r}_j} = \frac{\bar{r}_i}{\bar{r}_j}$$

其例子如图 2 所示, 在 680 毫微米 (波长), 草地反射率比土壤反射率要少, 相反在近红外部分 800 毫微米 (波长) 草地反射率则增多。所以草地的  $S_i/S_j$  要取小值, 土壤的  $S_i/S_j$  要取大值。故在比例图像上草地显得阴暗, 土壤显得明亮。这种方法有时叫做双频带方法, 广泛地应用于简单的图像处理。地球资源卫星和多光谱相机图像可以得到  $R_{76}, R_{75}, R_{74}, R_{65}, R_{64}, R_{54}$ , 的六种比例图像, 再把这些图像做加减乘除的照相处理之后就可以进行图像的特征提取和判读。美国航宇局做出了便于分析矿物资源的比例图像。

### 2.3 黑度抽取法

以前的航空摄影是要拍摄地面物体的空间特性, 得到地形地图。与其相反, 感遥除掉拍摄地面物体的空间特性之外, 还要拍摄物体的分光特性, 进行物体的判别。特别是卫星照片, 由于是在超高空拍摄的, 所以得不到地球表面的空间物性, 主要是利用分光特性进行解析。因此图像的黑度起很重要的作用。例如地球资源卫星图像的海洋照片, 它的黑度里可能包括着海洋的深度、海流、波浪。所以从图像里抽取适当的黑度宽度是图像处理的最简单、最基本的处理。但是, 中高度的飞机遥感图像, 由于同时包含空间特性和分光特性, 所以单单只是做黑度抽取是不能进行图像处理的。

黑度抽取法大致有两种, 照相的方法和

电的方法。

#### a) 照相掩膜的方法

如前所述, 通过照相的除法演算能够抽取黑度。即用一张负片图像制做一张正片图像, 把它们重合之后就产生了差的图像。把正片图像  $\gamma$  弄成负片图像  $2\gamma_0$  是理想的。把图像印在硬调子利斯胶片上做成掩膜, 再和原图像重合, 就可以只抽取指定的黑度图像。在图 3 用图表示出了制做等黑度图像的方法。

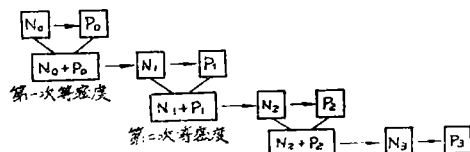


图 3 照相掩模板的等密度抽取法

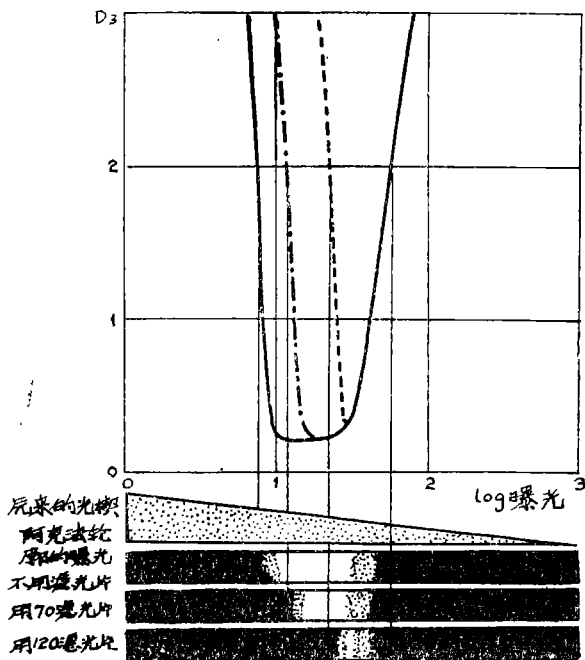


图 4 阿克法轮廓专用胶片的曝光

对于较复杂的处理, 阿克法轮廓专用胶片比较容易获得等黑度图像, 是一种独特的胶片。这种胶片具有图 4 表示的特性曲线, 通过改变黄滤光片的黑度可以控制等黑度宽度, 再通过曝光量的变化, 就可以抽取所要求的原图像的某种黑度部分。

b) 用电子装置的黑度抽取法

电子装置的黑度抽取法比起照相掩模方式以及阿克法轮廓专用胶片, 可做精度很高

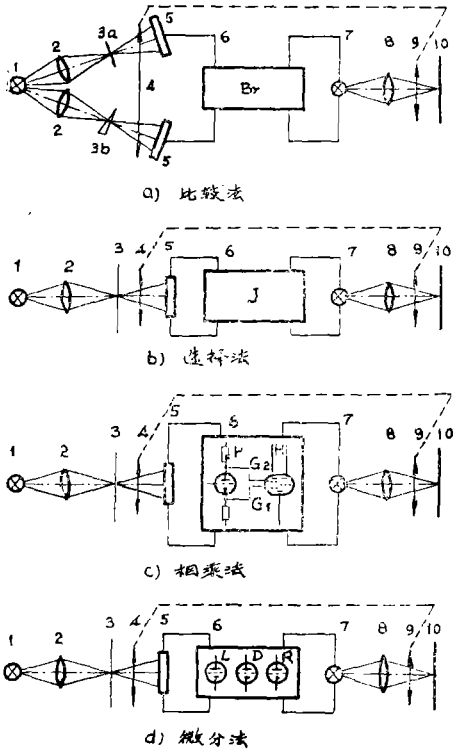


图5 电子方法的等密度测定法

的微小黑度的抽取。而且由于操作时间极短, 目前正广泛应用。根据测定原理, 电子装置如图5所示, 可分为①比较法, ②选择法, ③相乘法④微分法四种。

① 比较法

扫描图像, 并与基准黑度做连续不断的比较, 在测定值达到基准黑度以下或者以上时, 放大器不再输出。整个结构如图5-a, ①光源, ②透镜, ③a被测定物, ③b基准楔, ④扫描装置, ⑤光电变换元件, ⑥包括电桥线路的放大器, ⑦按照规定的输出电压工作的电源, ⑧透镜, ⑨和⑩是同步驱动装置, ⑩照相材料。

作为扫描装置使用阴极射线管的时候, 还是使用和④同步的阴极射线管代替⑦, ⑧, ⑨为好。

② 选择法

扫描图像得到的信号都传送到晶体管,

晶体管中包括只区分光度  $I, I + \Delta I$  的滤波器, 只传递与输入对应的输出。整个构成如图5(b)有在④和⑤使用光导摄像管, ⑦—⑨使用阴极射线管的纯电子装置以及在④与⑨使用同步仪器装置的机械电子装置。

③ 相乘法

在重合图象的负片象和正片象时, 由于负片象的透过率和正片象的透过率大致相等, 因此可以进行黑度抽出, 在负片的透过率比正片大或者小的部份, 光几乎不能通过。用电子学方法进行这样的照相就是相乘法。构成组元①—⑤, ⑦—⑩用电子学方法进行, ④和⑤用光导摄像管, ⑦⑧⑨⑩用阴极射线管, 机械电子学方法是④用机械扫描器, ⑨用机械的象合成装置。

从⑤发出的信号, 一条进入8极管  $G_1$ , 其它通过位相反转线路进入  $G_2$ 。  $G_1$  和  $G_2$  对应于象③的负片象和正片象, 从⑦开始的输出相当于黑度抽取。

④ 微分法

这个方法对于抽取黑白边界部份的黑度很适合, 把输入作微分, 然后整流, 为此要使用整流线路。即L是限制器, D是微分线路, R是整流线路。

图6是电子机械扫描装置的概略图, 光源  $L_1$  被物镜  $O_1$  缩小到0.1毫米, 成象在要抽取黑度的对象一照相干板上。又被同样的物镜  $O_2$  扩大300倍进入光电倍增管。倍增管的输出供给电子滤波器(F), 电子滤波器(F)在输入超过规定的电压以上时, 使输出成为矩形波脉冲, 从而驱动位于矩形波脉冲投影光学系统中的克尔盒元件。光源  $L_2$  是由于

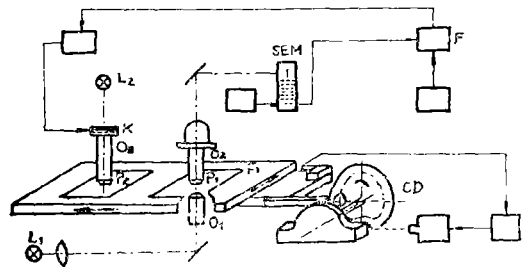


图6 等密度抽取装置的工作原理

克尔盒元件的驱动，把 0.1 毫米的光源象成象在摄影胶片上。P<sub>1</sub>P<sub>2</sub> 固定在同一个台面上，通过马达和凸轮可以在 x 轴 y 轴上移动。

图 7 是扫描装置采用光导摄像管的最特殊的抽取黑度的装置。由透镜系统把被处理的图象成象在电视摄像管（光导摄像管，正折摄像管）的光电面上。图象输出用放大器放大之后送入光度变换滤波器。光度变换滤波器只透过指定的电压，这样也就控制了表示用的显象管 B<sub>2</sub>。

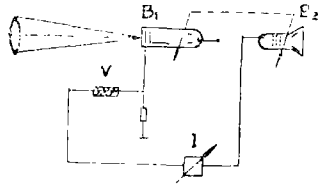


图 7 光导摄像管的等密度测定方式

象上面所讲的那样抽取指定的黑度，把它用对应的颜色表示出来的时候，就可以得到图象的假彩色或者数字化彩色。

把照相信息彩色化是为了方便视觉判读。也就是说凭视觉观察黑白图象的时候，从黑到白只能区别灰色等级约级 15 左右，但是观察彩色图象的时候，则可以识别开 200 等级以上的彩色变化。所以说把黑白图象分成若干个黑度等级，带上各自不同的彩色，在视觉上就显得很有效果了，识别和分类都变得容易了。关于假彩色《画象技术》1971 年 6 月号有详细的说明。

不管怎么说，除了制成连续的假彩色这一特殊的场合之外，用照相掩模法进行黑度抽出的方法，处理时间既长，可靠性也非常小。目前都广泛使用装有光导摄像管的数字化彩色装置。

图 8 是由在千叶大工业短期大学的接触图象密度装置所获得的接触投影屏黑度抽出的例子。通过这个装置，就可在极短的时间内，准确地进行黑度抽出。

### 3. 假 色

把至少两个以上不同图象信息的图象，

分别通过不同颜色的滤波器而合成的颜色就叫做假彩色，关于前边讲过的比例图象，若把图象分别通过兰、绿、红的滤光片后印象在彩色胶片上的时候，可以表示出比例图象的彩色，假色可以认为是通过颜色合成效果来表示相互图象的相互关系。由于采用彩色胶片作为记录材料，一般可以表示 3 种图象信息。

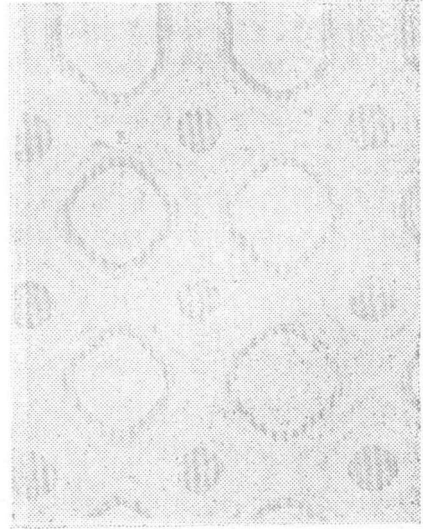


图 8

在遥感上，分别用兰、绿、红表示 500—600 毫微米，600—700 毫微米，700—900 毫微米波长区域图象信息的假彩色叫做红外彩色胶片。假彩色并不是限定在任何红外彩色上，而且用红、绿、兰来表示 3 种图象。画象技术第 6 期封皮上的图象就是合成 details 公司多光谱扫描器获得的图象着上假彩色的情形，图象 C—1 的波长区域 420—500 毫微米用兰色合成，500—600 毫微米用绿色合成，600—700 毫微米用红色合成，就是所谓天然彩色。图象 C—2 是波长区域 500—600 毫微米、600—700 毫微米，800—1100 毫微米分别用兰、绿、红合成的假彩色，相当于红外彩色照片。图象 C—3 是波长区域 500—600 毫微米、600—700 毫微米以及 8—14 微米分别用兰、绿、红合成的假彩色，把图 C—2 的近红外部份更换成热信息。图象

C-4 是波长区域 600—700, 毫微米 800—1100 毫微米、8—14 微米分别用兰、绿、红合成的假彩色, 即是把热区域作为对象的假彩色, 表示了地球表面温度和植物的关系。

由多光谱图象合成假彩色的时候, 作为对象的物体应该选择最易识别和探测的颜色。也不一定非要用红、绿、兰 3 色滤光片。根据实验, 对于 3 个图象中最有特殊的 2 张图象, 选择绿→深红、黄→深兰这样补色关系上的 2 种颜色, 另外一张图象则需要选择接近于两者之一的任何一种颜色。

最好是 3 张多光谱图象的透明正片的  $\gamma$  值要尽可能一致起来, 因为这样可以保证在通过色度判别颜色的时候, 能够在图面上就尽可能大的曝光范围进行正确的颜色再现。

#### 4. 均匀照明技术

以前在多光谱照片上合成假彩色的时候, 凡是在图象上有大的亮度差时, 就会妨碍判别物体之间微妙的颜色。例如把曝光以及处理合并并在强光部份时, 弱光部份就舍弃了, 差不多完全变黑。相反的时候, 也可能发生这种情形。均匀照明技术, 是为了消除多光谱合成图象时的亮度所引起的问题而研究出来的。

通过使用均匀照明技术, 图面上的整个亮度都变得一定了。由于颜色的差别只是单单受到物体光谱分布的影响, 所以白色、灰色、黑色的差异没有了。反过来, 具有颜色的物体的色相, 还是象以前那样保持着。因此还可以避免因亮度而引起的颜色判别劣化。例如在同一物体上, 有着太阳直接照射的部份和照射不到成为影子的部份时, 产生了颜色的不同, 但是通过采用均匀照明的技术, 就能消除影子的影响, 做为完全一样的颜色被表示出来。

均匀照明技术是由图 9 所示的次序形成的。

首先由兰色、绿色、红色的负片制成掩模

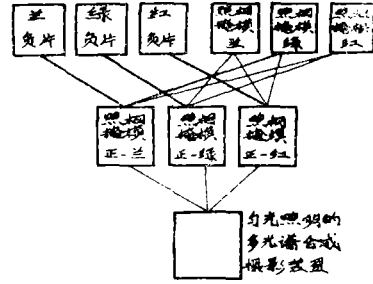


图 9 等亮度假彩色照片的制做方法

兰色, 掩模绿色, 掩模红色, 这些兰、绿、红的负片  $\gamma$  值要相同, 所以对于某种灰度, 就要调整兰、绿、红的特性曲线, 使它们具有同样的黑度。掩模片兰、绿、红是具有负片二分之一  $\gamma$  值的正片图象, 把兰色负片和绿色、红色掩模片重合起来就制成了掩模的正兰色。掩模的正绿色、掩模的正红色也是如此。把这三张掩模的正片附在加色观察器上, 就可以制成均匀照度多光谱完整照片。

#### 5. 利用判别掩模板进行的航空图象识别和分类

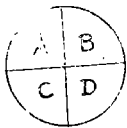
下面讲利用纯照相处理的地面物体的判别方法。在遥感上, 用计算机把图像数字化处理之后对地面植物和树木进行分类, 识别的问题, 占据图像处理的重要部份。其判别方法就是在地面上确定实验地区, 给定实验样品, 从给定实验样品的光谱反射上求出判别函数, 根据这些函数, 就全地区进行分类, 识别。可以用照相的方法进行和这个完全一样的处理, 也就是从给定的实验样品的光学黑底制成判别掩模板。利用判别掩模板, 可以进行照相的理论计算, 从而做航空摄影图象的自动判读。现在为了简便起见, 就象在图 10 的上部所表示的那样, 用 4 个带多光谱相机来摄影包括实验样品 A、B、C、D 的地区。对于得到的多光谱图象, 测定出实验样品 A、B、C、D 的光学上的黑度, 其结果就得到了如图 10 所表示出来的曲线。注意

一下波段 3，把黑度  $TD_3$  做为界限值的分界的话，就可以分成比  $TD_3$  的黑度高的集合  $\{\epsilon TD_3^{(m)}\}$  和比  $TD_3$  黑度低的集合  $\{\epsilon TD_3^{(l)}\}$ ，也就是 A、C 属于  $\{\epsilon TD_3^{(m)}\}$  B、D 属于  $\{\epsilon TD_3^{(l)}\}$ 。一般用黑度  $TD_i$  做为阈值，则分成集合  $\{\epsilon_i^{(m)}\}$  和  $\{\epsilon_i^{(l)}\}$  要用照相的形式在这样的图象上进行浓度分界的话，用超硬调子利斯胶片就可以了。图 11 表示了胶片的特性曲线，以某种黑度为限界，得到了具有透过率 100% 的透明部份和透射率几乎为 0 的完全变黑部份的二元制 (1.0) 的判别掩模板，用公式则表示为

$$t_i(x, y) = \begin{cases} 1; \epsilon_i^{(m)} \\ 0; \epsilon_i^{(l)} \end{cases}$$

同样对于波段 4 也可以制成以黑度  $TD_4$  为阈值的判别掩模板，所以可以得到在下面的表里标示出来的那样的判别掩模板。

信道	判别函数	
	$t_i = 0$	$t_i = 1$
3	B, D	A, C
4	C, D	A, B



实验样品

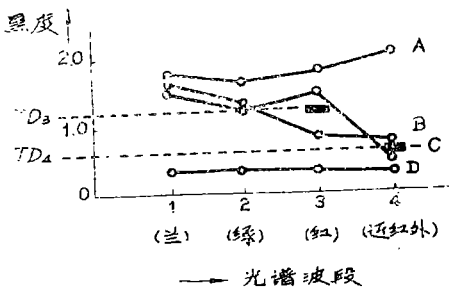


图 10 实验样品的黑度分布

对于各个判别掩模板，通过制成闭合的负片判别掩模板，进行图 12 那样的理论计算的话，就可以分离样品 A、B、C、D。换句话

说，从航空照片，能够在 A、B、C、D 上分辨

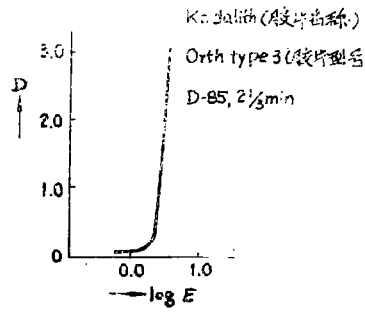


图 11 超高对比胶片

出对应物的。一般来讲，通过 N 张的判别掩模板能够判别的物体可以用下面的公式来表示

$$R(x, y) = \prod_{i=1}^N t_i(x, y) = 1$$

关于从航空摄影照片上识别植物区域的处理，做为实际应用例子来进行说明。

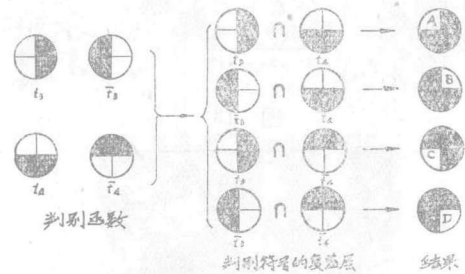


图 12

一般都已清楚，树木的叶子在红波段 (580 毫微米) 吸收大，而在近红外波段反射率大。所以把多光谱图象的红波段图象印相在利斯胶片上，制成显示阈值以上吸收的判别掩模板  $t_R$ 。同样，从近红外图象制成判别掩模板  $t_{IR}$ 。再把它反转，就制成显示某种阈值以上反射的掩模板  $\bar{t}_{IR}$ 。把这两种板重合之后，就可以求出植物区域的图象。图 14 是用这种方法从日本国土院在东京周围 50 公里拍摄的多光谱图像上制成的植物地区地图和地理院发行的植物区地图，两者几乎是一致的，而用这种方法制成的植物区地图好象比地理院的植物区地图更精确些。

另外，图15就是用这种方法，单独在北海道的资源卫星图象上检出的森林地带。

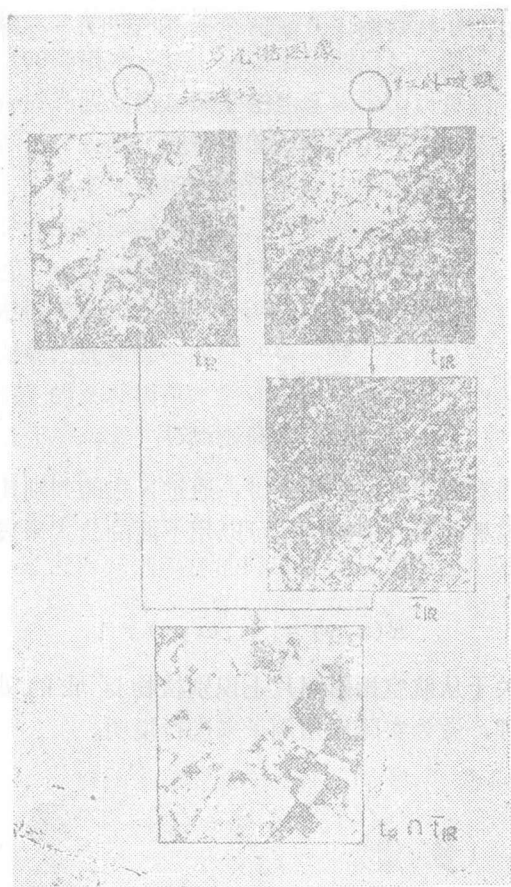


图 13

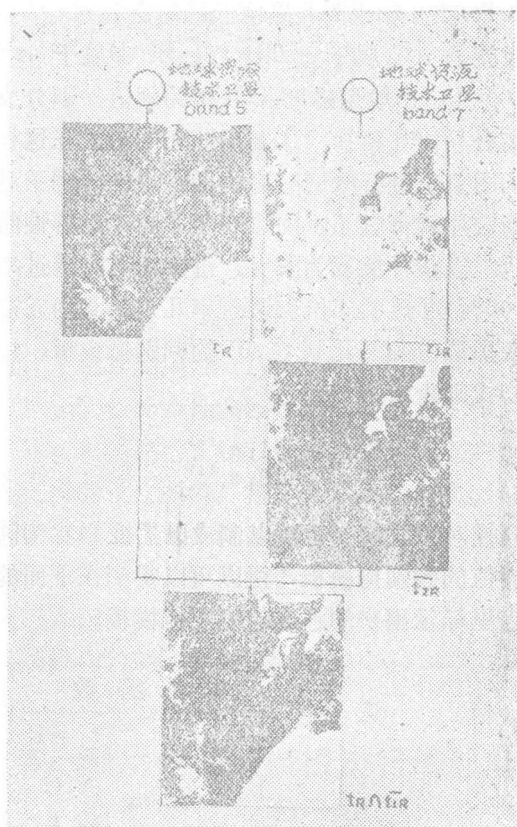


图 15

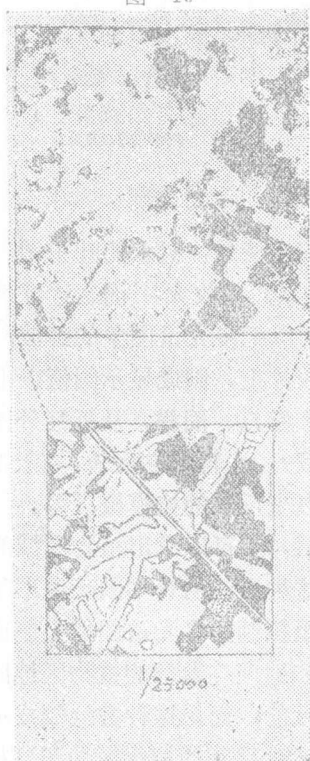


图 14

## 6. 相干光学信息处理

由于激光的出现，利用相干光的图像处理技术的研究，更加广泛了。就是遥感图象方面也发表了许多关于图象对比度的改进和图象边缘鲜明化的研究报告，并且今后还将研究出越来越多的新方法。在这篇文章里，把著作已作过实验的方法作为重点进行说明，

### 6.1 使用维纳光谱（功率谱）解析的方法

人工栽植的树林，在空间上排列的比较规范整齐，自然形成的树林，则排列的就很不整齐了。一般来讲，自然物体的空间分布是不整齐的，而人造物体的空间分布却有着

某种规律性。作为这样的利用空间分布不同的特征。进行抽取的方法，有维纳光谱方式。图16表示了装置的大致情形，在付氏变换透镜的前焦点的位置上，放置需要处理的航空摄影图象的正片，用经过准直器后平行的激光来照明它，这个时候在付氏变换镜头的后焦点的位置上，就可以得到相当于图象振幅分布付里叶变换的复振幅分布。由付氏变换透镜射出的光束，被分束器分成两束光。一束是投射到进行维纳光谱摄影的胶片上，另一束则通过用来测定维纳光谱角度分布的旋转圆盘上的狭缝，投射到光电元件，其输出被 x—y 记录仪记录下来。假设图象的振幅分布为  $T_A(x, y)$ ，平行光的振幅为  $E_0$  的话，投射到付氏透镜的振幅分布则为：

$$E_1(x, y) = E_0 T_A(x, y)$$

得出的付里叶变换可以用下面的公式表示。

$$E_2(u, v) = C \iint dx dy T_A(x, y) \exp \left[ -j \frac{2\pi}{\lambda F} (ux + vy) \right]$$

这里  $u, v$  是频率平面座标。而记录下来的信号就是复振幅的光强分布。

$$I(u, v) = C_2 E_2(u, v) E_2^*(u, v) = C_2 |E_2(u, v)|^2$$

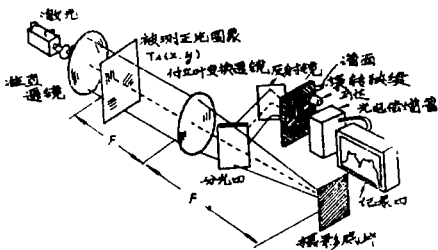


图16 维纳光谱测量装置

现在，象在图17那样地在  $x-y$  平面上等间隔地排列  $m$  个长度为  $L$ 、宽度为  $\Delta$ ，振幅为  $A$  的狭缝。与此相对应的付里叶变换，可以象图 17 所表示的那样，在  $u-v$  面上，作为  $u$  轴上的一连串的光束来表示。不规则的狭缝，象图 17-a 那样沿着  $u$  轴表示某一宽度分布。这样，频率面上的角度分布就表示出现光谱线结构的频度，与原图象的线结

构相对应。

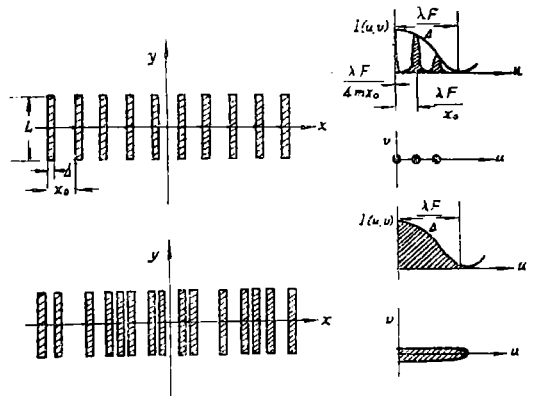


图17 狭缝图象及维纳光谱

图18是求出了人造森林和自然森林的维纳光谱的照片。

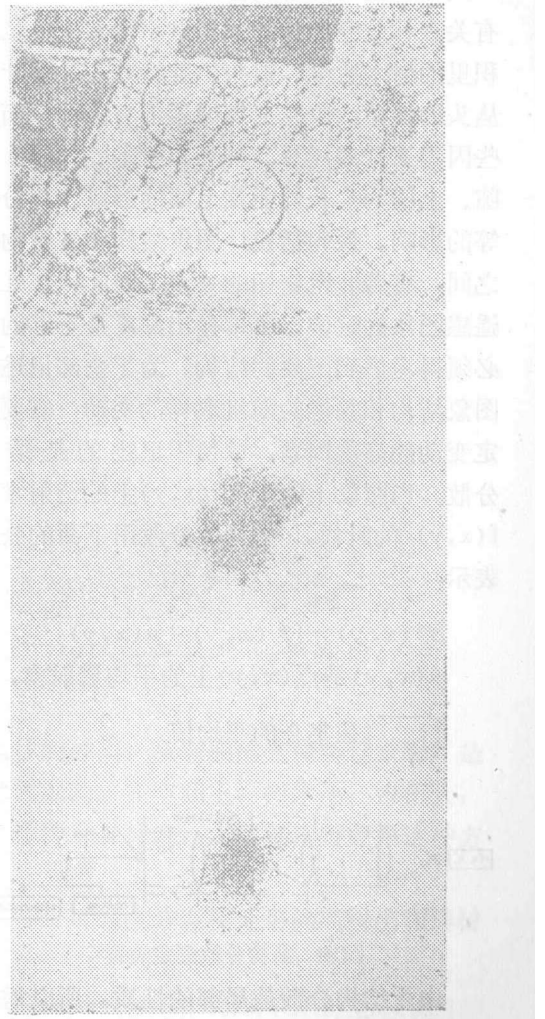


图18 人工栽植森林的维纳光谱

人造森林的地方由于很规则，在照片上出现了光点，自然森林的地方，则没有表示规则性的光点。通过付里叶变换方式，就可以求出原图象的结构及其大小的分布，并且可以对不同波段图象进行同一处理，进行不同波段的比较。这种方式，可用于研究波长的结构和城市构造的分布。

## 6.2 根据光学结构分析进行的图象处理

物体的结构，与物体的空间结构的分散性质有关系，所以既使是在遥感图象上，森林地带和果树林等也都显出密密麻麻的状态，而静静的湖泊和平原则显得很平滑，好象图象本身就有了结构一样。这种图象的判断，一直很广泛地用于图象的判读。例如，对于有关森林航空照片的判断，平均每一单位面积里的树木数量、树头、是针叶还是阔叶的丛头的性质，及密度等因素都有关系，而这些因素又受着树令、种类、树木之间的空隙、土壤的生长性能及土壤的形成、养份等等的影响。换句话说，图象结构和被摄物体之间，有着非常密切的关系。因此，在处理遥感图象的时候，单单提出黑度是不够的，必须得考虑到图象的结构。为了全部记述与图象结构相关连的随机取样的变动，需要测定变动的高次因素，最便于记述的是结构分散。当图象上的1点  $(x, y)$  上的透射率是  $f(x, y)$  的时候，结构的分散用下面的公式表示：

$$\sigma^2(x, y) = [f(x, y) - \mu(x, y)]^2$$

$\mu(x, y)$  是点  $(x, y)$  上的平均透射率，

$\overline{\quad}$  是集合的平均值

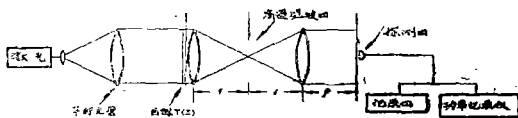


图19 结构分散测定装置

由于结构分散是局部的性质，所以需要根据结构的情况绘出轮廓来。因此要使用前

面讲过的分散判别掩模板，即当分散处在预定值  $T_1, T_2$  之间的时候，假设透射率为100%，如果是其它值，就假定为透射率0，这样的分散识别掩模板。把这种掩模板和图象重合后得到的图像，便只具有被掩模板容许的信息，所以，分散的不同的二个掩模板重合起来得到的图象，便能显示出结构分散的等高线。使用图19那样的相干光学信息处理装置，来制做分散掩模板，假设物体的复振幅透射率为  $T(x)$  的话，那么就用  $T(x) = T_0 + t(x)$  来表示。  $T_0$  表示平均值，  $t(x)$  表示平均值发生的变动。在付里叶变换方面，放置具有  $\Delta$  大小，只遮拦光谱0级成份的滤波器，这相当于在再生面遮断  $T_0$ ，其平均光强为

$$\frac{1}{n} \sum (T(x) - T_0)^2$$

这时，  $\Delta$  需要满足下列公式

$$\lambda f / a_{\text{最大}} \gg \Delta \gg \lambda f / L$$

$\lambda$  是波长，

$f$  是透镜焦距

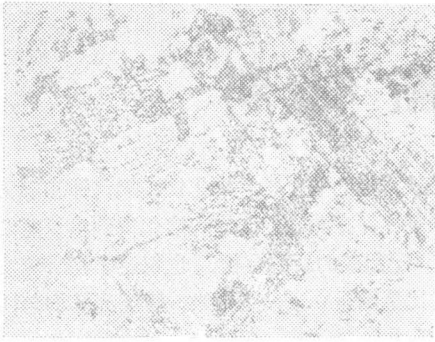
$a_{\text{最大}}$  是图象的最大相关长

$L$  是透镜  $L_1, L_2$  的光瞳宽度

这样，由于分散的差别在再生面上做为光强的差别表示出来。在物体方面方置图象、在它的再生面上放置超硬调子利斯胶片，通过调节曝光、就可以制做出在某个分散值上具有阈值(0.1)的分散掩模板。作为实际应用的例子，曾对从2800米高空摄影的航空照片进行了结构分析，根据图象中的房屋(1.0毫米)，针叶林(0.1毫米)，水田(5.0毫米)，规定滤波器的直径为0.1毫米进行了分散测定。

图20表示出了测定结果的一部分，(a)是原图象的负象，(b)是抽出具有高分散值部份的判别掩模板。在这里，光强度的部份即把黑色部份和原图对照后，象(d)那样对应于分散大的针叶林。(e)是低分散值部份透明的分散掩模板，把它和原图重合后，就象(e)那样，与水田，旱田，原野对应。接着重合(c)的反转掩模板和(b)就可以提出具有

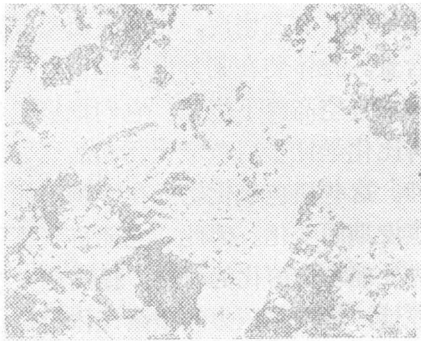
(b)和(c)之间的分散值部份，即(f)与中间的居住地区相对应。



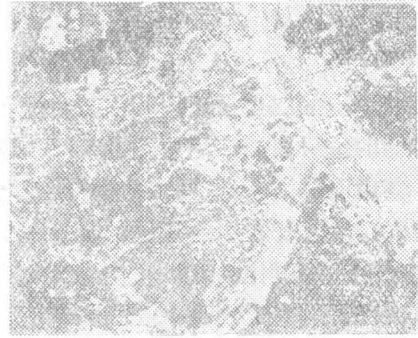
(a) 原图象



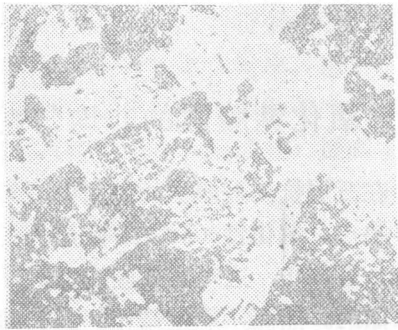
(b)  $(a) + t\sigma_h$  (显示高分散部分)



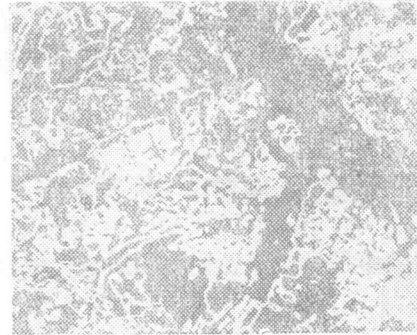
(c) 具有高分散阈值的掩模板( $t\sigma_h$ )



(e)  $(a) + t\sigma_l$  (低分散部分)



(c) 具有低分散阈值的掩模板( $t\sigma_l$ )



(f)  $t\sigma_l < t\sigma_m < t\sigma_h$  (中间部分)

图20 图像的结构测定的例子

象上面讲到的那样，根据结构进行的图象抽出是可能的，而且，通过组合光谱的特性，可以考虑各种应用。举例说明，如对于土地利用：

1) 在求住宅密度的时候，首先在光谱上把住宅部份抽出来，然后根据其空间分布，用分散判别掩模板求出房屋的密度分布。

2) 利用夏季的多光谱图象，进行田地

和森林的分离，从它们的光谱特性来看，是非常困难的。在空间上，树木小，水田大，所以结构上森林密，水田稀，可以用这种方法进行分离。

3) 可以区分森林地带的高树层和矮树层。

译自“画像技术”1975.Vol.6, №6, P59

(马元龙译、韩昌元校)