

应用光学合成方法提取 TM 影像 专题信息规范化的研究*

韩利昌 侯威岭

(东北师范大学地理系)

1992年3月21日收稿

摘 要

TM 影像的专题信息提取以及最佳合成方案的选择,一直是遥感应用研究领域一个需要深入探讨的课题。其中,对图像色度的定量计算和定量预测以及与此有关的最佳合成方案的确定,目前还没有一个完整的标准和规范可供遵循。

本文,利用 TM 影像,采用分层曝光方法,讨论了 TM 影像专题信息提取规范化问题,提出了定量计算色差的方法及合成方案优选的理论,并给出了相应的数学模型。

关键词 TM 影像 专题信息提取 规范化 光学合成 最佳合成方案

一、引 言

伴随空间科学技术的进步,遥感技术在地学领域已得到广泛的应用。在地图制图学方面,利用卫星接收的磁带数据和影像资料进行专题信息提取和处理,是快速制作专题影像地图和绘制系列专题地图的有效手段。显然,原始资料的标准化和专题信息提取的规范化,是进行遥感制图和定量计算的基础。非标准化的遥感制图研究和定量计算,无疑将会导致结论的混乱和难于进行相互对比。研究表明,一些卫星底片由于几经非标准化地拷贝,影像的密度实际上已难以按比例进行传递,从而导致影像信息和合成色调的严重损失与失真。并使灰阶失去了定标的意义。因此,有关这方面的标准化问题,目前已引起国内一些学者的注意,并进行了一些相应的研究工作¹⁾。

1987年5月,我们在吉林省双阳县进行野外考察,并选择该县南部山区的羊圈顶子山和西南部的大三家子一带作为试验区,以某些典型的植被类型作为研究对象,对光学图像信息提取的规范化问题,进行了一些探索性的研究。

二、TM 图像地物颜色的定量预测

颜色是一切彩色合成图像最基本的要素和特征量。对颜色的空间分布和特征的描述

* 本研究为国家“七五”期间重点科技攻关项目《陆地卫星 TM 资料系列成图规范化的研究》课题成果之一。本研究得到张力果教授的悉心指导。支持本研究工作的还有张桂荣、王依群、李莉、韩鸿雁、崔喜山等,一并致谢。

1) 潘习哲,卫星遥感图像密度的标准化控制,第二代资源卫星应用研究资料汇编(一),中国科学院空间科学技术中心编,15-25,1986年。

和测度, 是进行色度计量和有关分析的基础。

设 D_N, D_P 为 TM 影像中服从二维正态分布的随机变量, 则该分布的密度函数为

$$f(D_N, D_P) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-r^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2(1-r^2)} \left[\frac{(D_N - m_1)^2}{\sigma_1^2} - 2\frac{r(D_N - m_1)(D_P - m_2)}{\sigma_1\sigma_2} + \frac{(D_P - m_2)^2}{\sigma_2^2} \right] \right\} \quad (1)$$

式中, m_1, m_2 分别为随机变量 D_N, D_P 的数学期望; σ_1, σ_2 为它们的标准差; r 为相关系数。

显然, 如果从一个服从二维正态分布的总体中抽取一个容量为 n 的子样 ($D_{N1}, D_{N2}, \dots, D_{Nn}; D_{P1}, D_{P2}, \dots, D_{Pn}$), 则在感光材料特性曲线的直线部位, 下列回归统计方程式成立

$$\hat{D}_P(\lambda) = a + bD_N(\lambda) \quad (2)$$

对于分层曝光合成来说, (2) 又可改写为

$$\begin{aligned} \hat{D}_{PRij}(\lambda) &= a_R + b_R D_{Nij}(\lambda) \\ \hat{D}_{PGij}(\lambda) &= a_G + b_G D_{Nij}(\lambda) \\ \hat{D}_{PBij}(\lambda) &= a_B + b_B D_{Nij}(\lambda) \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 7) \end{aligned} \quad (3)$$

式中, $\hat{D}_{PRij}(\lambda), \hat{D}_{PGij}(\lambda), \hat{D}_{PBij}(\lambda)$ 为 TM 彩色合成图像分层影像光谱密度, 下标 P 代表正性感光材料, R, G, B 分别代表彩色相纸的感红层(或青层), 感绿层(或品红层)和感蓝层(或黄层), λ 代表波长; $D_{Nij}(\lambda)$ 为相应的 TM 影像波段负片密度, 下标 N 代表负性感光材料; a 为截距, b 为斜率; i 代表任意一种地物影像; j 代表 TM 波段序号。

根据国际照明委员会 (CIE) 规定的计算颜色三刺激值的标准方程^[1], 我们可以给出用彩色相纸再现的 TM 彩色合成图像的颜色三刺激值的表达式

$$\begin{aligned} X &= k \int_{\lambda} \rho(\lambda) s(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= k \int_{\lambda} (\rho\lambda) s(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= k \int_{\lambda} \rho(\lambda) s(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (4)$$

其中, $k = 100 / \int_{\lambda} s(\lambda) \bar{y}(\lambda)$ 为调整因数。式中, $\rho(\lambda)$ 为图像颜色的光谱反射率; $s(\lambda)$ 为光源的光谱功率分布; $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ 代表 CIE 1931 标准色度观察者光谱三刺激值。

显然, 对 TM 彩色合成图像来说, 任意地物分层影像的光谱反射密度应为^[2]

$$D_{PRij}(\lambda) = \lg \frac{1}{\rho_{Rij}(\lambda)} = -\lg \rho_{Rij}(\lambda) \quad (5)$$

类似地, 可以得出 $D_{PGij}(\lambda)$ 和 $D_{PBij}(\lambda)$ 。则其光谱反射率

$$\rho_i(\lambda) = 10^{-[D_{PRij}(\lambda) + D_{PGij}(\lambda) + D_{PBij}(\lambda)]} \quad (6)$$

当 $\int_{\lambda} s(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda = 100$, 并将 (6) 代入 (4), 则得到

$$\begin{aligned} X_i &= 10^{-D_{PRij}(\lambda)} \int_{\lambda_1} s(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda + 10^{-D_{PGij}(\lambda)} \int_{\lambda_2} s(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda \\ &\quad + 10^{-D_{PBij}(\lambda)} \int_{\lambda_3} s(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda \\ Y_i &= 10^{-D_{PRij}(\lambda)} \int_{\lambda_1} s(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda + 10^{-D_{PGij}(\lambda)} \int_{\lambda_2} s(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda \\ &\quad + 10^{-D_{PBij}(\lambda)} \int_{\lambda_3} s(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda \\ Z_i &= 10^{-D_{PRij}(\lambda)} \int_{\lambda_1} s(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda + 10^{-D_{PGij}(\lambda)} \int_{\lambda_2} s(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda \\ &\quad + 10^{-D_{PBij}(\lambda)} \int_{\lambda_3} s(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda \end{aligned} \quad (7)$$

设 $a_{11} = \int_{\lambda_1} s(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda$; $a_{12} = \int_{\lambda_2} s(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda$; $a_{13} = \int_{\lambda_3} s(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda$ ($\lambda_1 = 380 - 500\text{nm}$; $\lambda_2 = 500 - 600\text{nm}$; $\lambda_3 = 600 - 780\text{nm}$)

仿此, 可分别设得 a_{21} , a_{22} , a_{23} ; a_{31} , a_{32} , a_{33} . 于是, 我们得到 (7) 的矩阵表达式

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10^{-D_{PRij}(\lambda)} \\ 10^{-D_{PGij}(\lambda)} \\ 10^{-D_{PBij}(\lambda)} \end{bmatrix} \quad (8)$$

或简写为

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} 10^{-D_{PRij}(\lambda)} \\ 10^{-D_{PGij}(\lambda)} \\ 10^{-D_{PBij}(\lambda)} \end{bmatrix} \quad (9)$$

系数矩阵 A 可以根据采用的标准光源的相对光谱功率分布与 CIE 1931 标准色度观察者三刺激值作为加权值, 在波长 $\lambda = 380 - 780\text{nm}$ 范围内, 以 $\Delta\lambda = 10\text{nm}$ 的光谱取样间隔进行计算得出。将系数矩阵 A 代入 (9), 于是得到

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 14.978 & 39.594 & 41.071 \\ 5.392 & 75.173 & 19.435 \\ 86.425 & 5.648 & 0.012 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 10^{-D_{PRij}(\lambda)} \\ 10^{-D_{PGij}(\lambda)} \\ 10^{-D_{PBij}(\lambda)} \end{bmatrix} \quad (10)$$

令色度量

$$C_i = X_i + Y_i + Z_i \quad (11)$$

则彩色合成图像任意地物颜色的色度坐标为

$$\begin{aligned} x_i &= X_i / C_i \\ y_i &= Y_i / C_i \end{aligned} \quad (12)$$

据此, 即可以根据孟塞尔 (Munsell) 新标系统确定出相应的颜色标号。不难理解, 当建立起 TM 波段影像负片密度与彩色合成图像分层影像光谱密度的函数关系之后, 我们只要测得参与彩色合成的 TM 波段负片地物影像的密度值, 就可以应用式 (3) 得出相应的分层影像的光谱反射密度的估计值, 然后再代入式 (10), 并根据式 (11) 和 (12), 即可

以得出任何一种合成方案的图像地物颜色的坐标值,从而确定其在色品图中的相应位置。并通过计算得出诸如主波长、色纯度和亮度因数(或色调、饱和度与明度)等颜色参数。

三、TM 彩色合成图像颜色的标准化控制

用于进行定性和定量分析的彩色合成图像,彩色平衡和颜色的饱和情况,直接影响计算和分析的结果。因此,对合成图像的颜色进行标准化的控制具有重要的意义。

对于分层曝光合成来说,一幅达到彩色平衡和颜色饱和度要求的合成图像,应当满足如下的关系式^[3]

$$D_{PR\text{色标}} = D_{PG\text{色标}} = D_{PB\text{色标}} = D_{P\text{标准}} \quad (13)$$

式中, $D_{P\text{标准}}$ 代表符合孟塞尔标准颜色样品所需的彩色相纸感红层、感绿层和感蓝层(即黄、品红、青层)分层影像的标准密度。

式(10)表明,单纯地控制彩色平衡并不一定能同时得到理想的饱和度,也就是说,黄、品红、青色标的密度相等并不意味着饱和度就一定会好。这是因为颜色饱和度的好坏与密度值的大小具有密切的关系。所以,只有同时具备三色密度相等并达到规定的标准密度,才能最终保证颜色的正确再现。

显然,合成图像附设的色标(红、绿、蓝;黄、品红、青),其色度标准应与孟塞尔新标系统相应的标准颜色样品一致。

从理论上讲,为了能正确地表达图像的颜色,彩色相纸三层乳剂的相对感光度应该一致。但目前各厂家生产的彩色相纸,都是与带有马斯克(Mask)层的彩色负片相匹配的。因此,为了达到曝光时消除马斯克层的影响而获得彩色平衡的效果,彩色相纸在制造时,三层乳剂的相对感光度是不相等的。因此,利用 TM 影像黑白负片进行合成时,为了获得同样的彩色平衡效果,分层的曝光时间也是不可能相等的。一般应采用下述公式进行计算^[4]

$$\begin{aligned} t_R &= [K, F^2(\beta + 1)^2] / (E_{IR} S_{PR}) \\ t_G &= [K, F^2(\beta + 1)^2] / (E_{PG} S_{PG}) \\ t_B &= [K, F^2(\beta + 1)^2] / (E_{PB} S_{PB}) \end{aligned} \quad (14)$$

其中, $\beta = l_P / l_N$; $E_P = \frac{1}{4} E_N T_N T_o T_{I_o}$ 。式中, F 为光圈号数; β 为横向放大率(即放大倍数); E_{PR} , E_{PG} , E_{PB} 为光源投射在彩色相纸上的三原色照度; E_N 为底片上的照度; T_N , T_o , T_{I_o} 分别为底片,镜头和滤色片的透过率; S_{PR} , S_{PG} , S_{PB} 为彩色相纸的分层感光度; K , 为测定彩色相纸分层感光度所特定的常数; l_N 为底片边长, l_P 为放大影像的边长。

显然,用计算的方法求取分层曝光是相当耗费时间的。虽然采用自动曝光计可以省去很多计算的麻烦,但分层感光度是必须事先测定的。因此,在实际合成时,我们采用绘制 $D-t$ 曲线的方法来求取分层曝光时间,既简便又准确。曲线绘制的方法是:当确定图像合成比例尺(或放大倍数)和光圈之后,在彩色合成仪或彩色放大机底片夹部位放置一张与 TM 波段负片灰雾密度 D_0 等效的透明片(以校正 D_0 对曝光时间的影响),

然后以等间隔时间,在同一张彩色相纸上依次进行梯级(20—25级)分层曝光,经在标准条件下进行彩显处理后,获得黄、品红、青三条梯级光楔,再计量各级密度值并对曝光时间 t 作图(见图1)。由预定密度点作平行于 t 轴的直线与三条曲线相交于A, B, C三点,再分别向 t 轴作垂线即得到所求的分层曝光时间 t_R, t_G, t_B 。

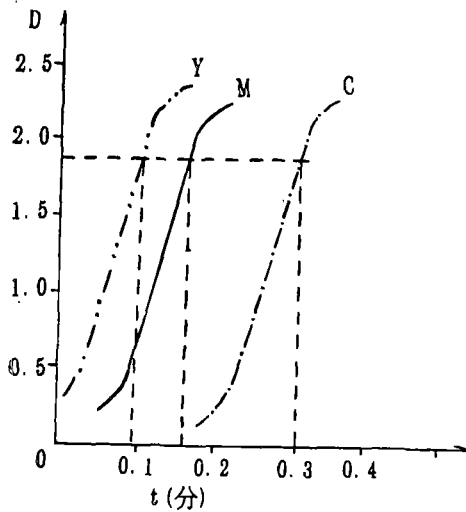


图 1 $D-t$ 曲线

Fig. 1 Curve of $D-t$

绘制 $D-t$ 曲线的理论依据是 $D-\lg H$ 感光特性曲线。由于曝光量 $H = Et$,因此,在曲线的直线部位,当照度 E 不变时,密度 D 为曝光时间 t 的函数,即 $D = f(t)$ 。所以,用 $D-t$ 曲线决定产生预定密度(如标准密度)的分层曝光时间是可行的。而且,由于这种曲线完全是根据实际条件绘制的,因而它比感光测定更具有实用意义。

应当指出,当正确的分层曝光时间确定之后,在相同的处理条件下,这一时间对于任何一种合成方案来说都应当是相同的。因为分层曝光时间的确定是针对不同类型的彩色相纸而言的,与TM负片影像的密度无关。否则,将会导致TM影像波段密度分布的改变和波段密度之间固有比例关系的失调,使同一合成方案的图像色调产生随机变化。从而造成解译标志的莫衷一是和定量分析方面的错误。显然,这对图像的标准化合成来说是不允许的。

在图像处理过程中,正确执行各项操作规程,是保证图像的最佳质量和实现标准化控制的重要前提。

我们使用的合成仪器是日本幸福(LUCKY)牌彩色放大机(fujimoto ENLARGER 450 M-C),由于该放大机是采用减色法原理进行设计并校色的,因此,当用加色法合成时,滤色片的组合方式应当是红 = 黄 + 品红,绿 = 黄 + 青,蓝 = 品红 + 青。并将滤色片调整旋钮旋至最大读数位置,以获得最大的彩色饱和度。如果具备彩色合成仪,用其印相部分进行合成,效果会更好。

TM彩色合成图像的标准化合控制,不仅涉及颜色的正确再现,而且也关系到信息容量的准确传递。事实上,一些TM影像的质量之所以很差,其根本原因都是因为在对磁带数据进行回放或之后的复制过程中,未能实施标准化作业而造成的。这种人为地使合成图像信息载负能力下降的情况,曾长时期不同程度地影响了定性与定量解译的效果而又往往被忽视,这是应当引起充分注意的。

四、TM 图像最佳合成方案的选择

TM影像共有7个波段,其合成方案是多种多样的。根据排列组合的理论计算,如选择其中(正片或负片)任意3个波段并分别变换蓝、绿、红滤色片,则合成方案的总数(M

为

$$M = C_n^m P_m K^m \tag{15}$$

式中, n 为参与组合的波段总数 (对于 TM 影像, $n = 7$), m 为任意选择的波段个数, K 为参与组合的图像种类数。当我们单纯用 TM 负片影像进行组合时, 则

$$M = C_7^3 P_3 K^3 = \frac{7! \times 1^3}{(7-3)!} = 210$$

类似地, 如参与组合的图像种类增加为 TM 负片、正片及其相应的比值图像 (即 $K = 4$), 则组合方案的总数将剧增为 13440 种。这是一个很惊人的数字。显然, 我们不可能对其进行全部的试验考察。因此, 必须寻求一种简便的计算方法, 以便从中快速地选择一种最佳的合成方案。

研究表明, 不同的地物, 对光谱的反射能力, 存在着能量上的差异。因而在同一组合或不同组合的图像中, 相互之间的颜色显示也是不同的 (同色异谱现象除外)。也就是说, 不同的地物, 彼此之间存在着色度参数方面的差别。一般来说, 如果地物之间的色差越大, 那么, 对其进行目视判读也就越有利。显然, 这样的合成方案, 就是我们通常所说的最佳方案。于是, 最佳合成方案的选择, 最终就归结为如何确定不同地物的最大色差。

根据色度学理论, 我们选择 CIE1976 (L^* , a^* , b^*) 颜色空间及其色差公式, 来计算不同地物的色差值, 即:

$$\begin{aligned} L_i^* &= 116(Y_i/Y_0)^{1/3} - 16 \quad Y_i/Y_0 > 0.01 \\ a_i^* &= 500[(X_i/X_0)^{1/3} - (Y_i/Y_0)^{1/3}] \\ b_i^* &= 200[(Y_i/Y_0)^{1/3} - (Z_i/Z_0)^{1/3}] \end{aligned} \tag{16}$$

式中, X_0 、 Y_0 、 Z_0 为 CIE 标准照明体 (D_{55}) 照射在完全反射漫射体上, 再反射回观察者眼中的白物体色刺激的三刺激值; L_i^* 为米制明度; a_i^* 、 b_i^* 为米制色度。

按上述标定的两地物影像的总色差, 由下式给出

$$\Delta E_{\text{CIE}(L^*, a^*, b^*)} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \tag{17}$$

设 n 种合成方案中, 每一种合成方案的 i 种地物两两对比有 m 个色差值。则在所有待选的合成方案中, 便构成一个 n 维的色差值矩阵 ΔE , 记为:

$$\Delta E = \begin{bmatrix} \Delta e_{11} & \Delta e_{12} & \cdots & \Delta e_{1l} & \cdots & \Delta e_{1n} \\ \Delta e_{21} & \Delta e_{22} & \cdots & \Delta e_{2l} & \cdots & \Delta e_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \Delta e_{k1} & \Delta e_{k2} & \cdots & \Delta e_{kl} & \cdots & \Delta e_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \Delta e_{m1} & \Delta e_{m2} & \cdots & \Delta e_{ml} & \cdots & \Delta e_{mn} \end{bmatrix} \tag{18}$$

显然, Δe_{kl} (代表 l 种方案的第 k 个色差) 为一多维随机变量。则在 n 种合成方案中, 共有 $m \times n$ 个色差值。为此, 我们编制出一种计算机程序, 令计算机对 n 种合成方案中每一方案的 m 个色差值分别进行相对比较并排序, 然后对所有待选的合成方案中的 n 个最小的色差值再进行排序 (从大至小)。

色度学研究表明, 色差值较大的两种颜色并不一定都是截然不同的色调, 这与色度坐

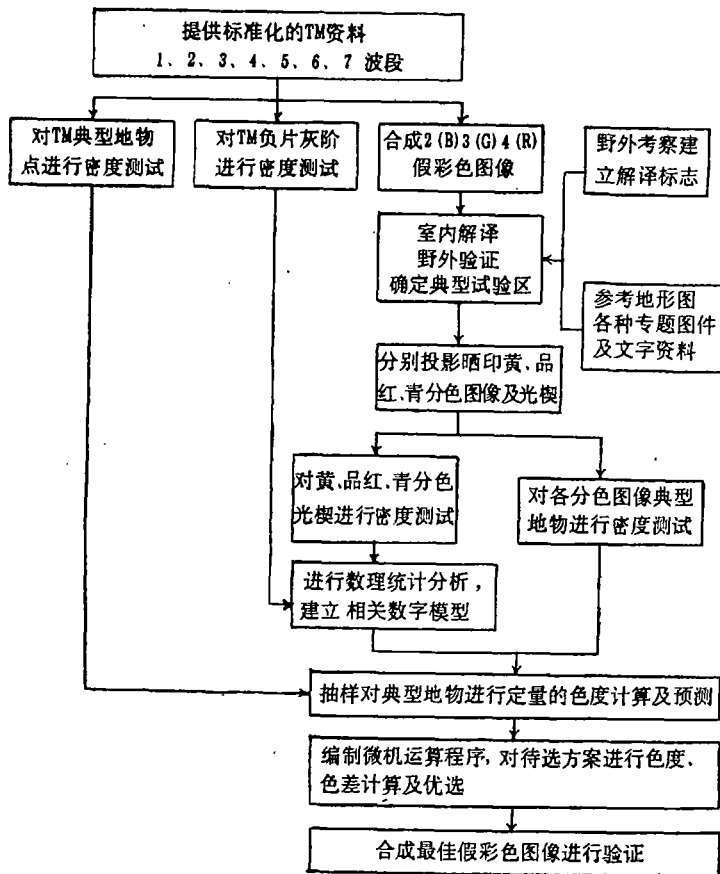


图 2 TM 影像专题信息提取流程框图

Fig. 2 Flow chart of extracting thematic information from TM image

标在色品图中的位置有关。如果色度坐标恰好处于不同色域交界的两侧附近,那么尽管色差值较小,但两种颜色却很可能是完全不同的色调。所以,确定最佳合成方案时,还必须同时考虑色相。

为了能使计算机根据色度坐标同时给出相应的颜色标号,还应建立孟塞尔标准颜色样品色度参数的数据库。这样,我们就可以参照相应的色相,选择 m 种色差值相对来说都是较大的合成方案作为最佳方案。其具体的流程如图2所示。

我们认为,如果能将这种计算方法利用计算机与其它图像处理方法相结合的话,那么将会显著地提高处理和择优的速度。但这方面的内容已超出本文所要讨论的范围了。

五、结果与分析

1. TM 彩色合成图像彩色平衡的定量分析

为了定量地判断合成图像的彩色平衡情况,在每幅图像的边框部位都应设置黄、品

红、青、蓝、绿、红几种色标。黄、品红、青供测试反射密度用，以检验图像的彩色平衡情况；蓝、绿、红用来检查色标的颜色是否符合相应的孟塞尔颜色样品的标准。如有条件，可以直接用光电色度计进行测定。我们对色标密度用美国 Macbath RD 519 反射密度计进行测定的，抽样测定的结果列于表 1。

表 1 抽样测定的彩色合成图像的彩色平衡情况

Table 1 Chromatic balance situation of chromatic composition image on sampling measurement

合成方案			密度读数			应减去的密度	彩色平衡情况			视觉效果
B	G	R	Y	M	C		Y	M	C	
2	3	4	1.91	1.95	1.92	1.91	0.00	0.04	0.01	色调良好
3	7	1	1.95	1.94	1.98	1.94	0.01	0.00	0.04	色调良好
2	5	3	1.99	1.97	1.96	1.96	0.03	0.01	0.00	色调良好
3	5	4	1.96	2.20	1.89	1.89	0.07	0.31	0.00	偏黄红

从表中不难看出，除 3(B) 5(G) 4(R) 合成方案的彩色平衡效果因电压一时出现不稳稍有偏色外，其它合成图像的彩色平衡及彩色饱和度均达最佳效果。

2. 回归精度及预报结果的分析

我们使用的 TM 影像是我国遥感卫星地面站接收的标准化产品。该站对接收的卫星影像都要根据美国 Look-up table (见表 2) 所规定的标准进行严格地标定，并最终以灰阶的形式与图像信息同时输出。因此，利用图像灰阶不仅可以判别影像的灰度（或亮

表 2 美国 1986 年 7 月 1 日以后采用的新的遥感图像处理 Look-up table

Table 2 New look-up table used in remote sensing image processing in America since July 1st in 1986.

数字阶值	线性灰阶密度	1, 2, 3, 4, 5, 7 波段密度	6 波段密度
0	2.20	2.30	2.20
16	2.07	1.67	2.20
34	1.93	1.43	2.16
50	1.80	1.26	2.01
68	1.67	1.10	1.76
84	1.53	0.97	1.50
102	1.40	0.85	1.20
118	1.27	0.75	0.95
136	1.13	0.65	0.70
152	1.00	0.57	0.49
170	0.87	0.49	0.32
186	0.73	0.43	0.24
204	0.60	0.37	0.22
220	0.47	0.33	0.20
238	0.23	0.28	0.20
255	0.20	0.24	0.20

摘自《第二代资源卫星应用研究资料汇编》，中国科学院空间科学技术中心编，19—25 页，1986 年。

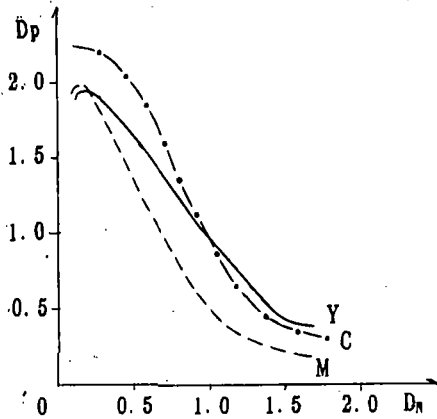


图 3 D_N 与 D_P 的相关曲线

Fig. 3 Relation curve of D_N and D_P

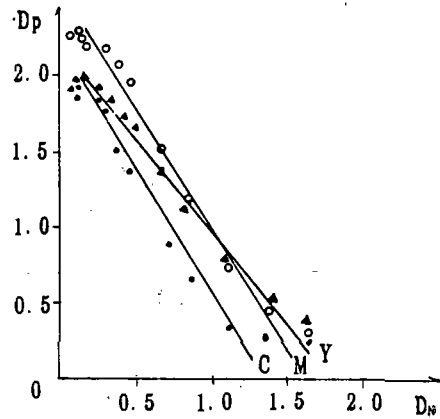


图 4 D_P 对 D_N 的回归线

Fig. 4 Regression line of D_P to D_N

度)级别,而且也可以作为某些定量计算的检测标准。

根据这一标准,我们分别对 TM 1—7 波段的负片灰阶进行了检测。结果表明,灰阶的密度范围为 $0.12 \leq d_N \leq 2.31$, 基本符合 Look-up table 所规定的标准。然后,我们又分别测定了用负片灰阶晒印的彩色相纸的黄、品红、青单色光楔,并对所得的数据进行了统计分析。图 3、图 4 和表 3 为部分统计分析的结果。

从曲线图可以看出,日本樱花 PC 型彩色相纸 (Sakuracolor PC paper) 的三条相关曲线,呈反 S 型,仅中间部分接近于直线。所以,为了保证模型的预报精度,我们只取线性部分的样本点来建立回归方程。

统计分析表明, D_P 与 D_N 呈现高度的负相关,其标准偏差也很小,说明该模型的预报精度是很高的 (见表 3)。实际预报的结果 (见表 4) 和曲线的拟合情况也证明了这一结

表 3 TM 影像资料单色图像灰阶回归精度分析

Table 3 Regressive accuracy analysis of grey scale level on monochromatic image of TM image

回归方程	标准差 S	置信 概率 $P(D_P)$	置 信 区 间		相关 系数 r	自由度 $n - 2$	信度 α 的 临界值 $\alpha_{0.001}$	显著性 检验
			下限 $\hat{D}_P - 3S$	上限 $\hat{D}_P + 3S$				
$\hat{D}_{PRij}(\lambda) = 2.042 - 1.324D_{Nij}(\lambda)$	0.028	99.7%	1.958 $- 1.324D_{Nij}(\lambda)$	2.126 $- 1.324D_{Nij}(\lambda)$	-0.998	13	0.760	***
$\hat{D}_{PGij}(\lambda) = 2.465 - 1.755D_{Nij}(\lambda)$	0.087	99.7%	2.204 $- 1.755D_{Nij}(\lambda)$	2.726 $- 1.755D_{Nij}(\lambda)$	-0.991	13	0.760	***
$\hat{D}_{PBij}(\lambda) = 1.972 - 1.618D_{Nij}(\lambda)$	0.149	99.7%	1.525 $- 1.618D_{Nij}(\lambda)$	2.419 $- 1.618D_{Nij}(\lambda)$	-0.973	13	0.760	***

注: ***代表极显著水平。

论。虽然其中一些个别地物点的预报值略微偏大,但这主要是由于随机误差造成的。除此之外,其余地物点的预报精度均在 ± 0.09 的范围内波动,这一精度可以满足色度计算的要求。

表 4 TM 影像资料单色图像典型地物点的预报值与实测值比较

Table 4 Predicting value compared with real measurement value of typical ground objective points on monochromatic image of TM image

值 别	密度	典型地物	典型地物						
			甩湾子水库	石头口门水库	新立城水库	落叶松	柞树	耕地	色标
实测值	$D_{N_3}(\lambda)$		0.94	1.03	1.22	0.66	0.69	0.92	0.11
	$D_{PB_3}(\lambda)$		0.79	0.67	0.48	1.15	1.10	0.91	1.96
预报值	$\hat{D}_{PB_3}(\lambda)$		0.80	0.68	0.43	1.17	1.13	0.82	1.90
误差	δ		0.01	0.01	-0.05	0.02	0.03	-0.09	-0.06
实测值	$D_{N_5}(\lambda)$		0.25	0.25	0.23	0.86	1.13	1.07	0.10
	$D_{PG_5}(\lambda)$		2.10	2.12	2.10	0.84	0.55	0.51	2.20
预报值	$\hat{D}_{PG_5}(\lambda)$		2.03	2.03	2.06	0.96	0.48	0.59	2.29
误差	δ		-0.07	-0.09	-0.04	0.12	-0.07	0.08	0.09
实测值	$D_{N_4}(\lambda)$		0.41	0.35	0.48	0.88	1.14	0.94	0.10
	$D_{PR_4}(\lambda)$		1.31	1.49	1.13	0.39	0.24	0.27	1.89
预报值	$\hat{D}_{PR_4}(\lambda)$		1.31	1.41	1.20	0.55	0.13	0.45	1.81
误差	δ		0.00	-0.08	0.07	0.16	-0.11	0.18	-0.08

注: 据双阳幅, 118—30, 1987.9.23。

3. 合成方案优选结果的分析

在遥感判读中, 柞木林与落叶松林, 乔木林与灌木林, 在 2(B) 3(G) 4(R) 标准假彩色合成图像中是很难分辨的。为此, 我们在双阳县南部山区的羊圈顶子山选择了一块人

表 5a TM 影像合成图像方案柞树等典型地物分类色差排序

Table 5a Arrangement of colour difference order of typical ground objective classification by using scheme of the TM image composition

地物		柞树与落叶松				居民地与耕地(种玉米)					
项目 序号	B G R	ΔE (NBS)	颜色标号		与实际 图像吻 合情况	项目 序号	B G R	ΔE (NBS)	颜色标号		与实际 图像吻 合情况
			柞 树	落 叶 松					居 民 地	耕 地	
1	3 7 1	65.01	5.0GY 4.7RP	6/6 2.25/6.25	基本吻合	1	2 5 3	45.49	7.5RP 10.0YR	7/14 6/4	吻合
2	2 7 1	63.23	5.0GY 10.0P	9/6 7/16	吻合	2	3 5 1	44.81	5.0RP 7.5GY	7/10 7/14	吻合
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	2 3 4	37.06	5.0R 2.5R	4/12 5/10	吻合	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
120	2 1 3	3.28	N6 N5		吻合	120	2 7 1	11.63	N8 N7		吻合

注: 据双阳幅, 118—30, 1987, 9, 23 资料。

表 5b TM 影像合成图像方案乔林等地物分类色差排序

Table 5b Arrangement of color difference order of typical ground objective classification by using scheme of the TM image composition

时相		1986年5月31日					1987年9月23日				
项目 序号	B G R	ΔE (NBS)	颜色标号 乔 木 灌 木	与实际 图像吻 合情况	项目 序号	B G R	ΔE (NBS)	颜色标号 乔 木 灌 木	与实际 图像吻 合情况		
1	4 5 3	39.48	7.5B 7/6 10.0GY 2/4	吻合	1	1 5 3	26.53	7.5YR 9/4 2.5Y 5/6	基本吻合		
2	4 5 2	37.86	2.5GY 7/4 2.5RP 3/2	基本吻合	2	1 5 4	26.09	7.5YR 8/8 2.5Y 5/6	吻合		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
41	2 3 4	20.45	2.5R 4/14 2.5R 1/8	吻合	33	2 3 4	16.87	7.5R 2/2 10.0R 6/6	吻合		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	41	4 5 3	15.03	5.0YR 6/4 7.5YR 9/6	吻合		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
60	1 2 3	6.72	N9 N7	吻合	60	5 3 2	10.72	10.0RP 7/8 10.0RP 9/6	吻合		

注：颜色标号 $H V/C$ = 色调 明度值/彩度， B ——蓝， P ——紫， N ——中性色， PB ——紫蓝，余类推。

工落叶松纯林和柞木林；在大三家子附近选择了一块面积较大的灌木林和乔木林，作为典型试验样地。并采用本研究给出的方法进行了信息提取，结果见表 5a 和表 5b。

为了减少计算工作量，我们略去了与植被关系不大的 TM6 热红外波段。则待选方案为 120 种(见表 5a)。由于五月时相的 TM 底片缺少 7 波段，为了便于不同时相比较，又略去了九月时相的 TM7 波段，所以表 5b 中的待选方案只有 60 种。

全部参数的计算工作均由 TBM-PC 型微机完成。编写程序使用汉字 BASIC 语言。图 5 为该微机的运行程序图。

计算结果表明，区分柞树和落叶松的最佳合成方案并不是色差值最大的 3(B) 7(G) 1(R) 方案，而是色差值略小但在颜色的色调、饱和度以及明度方面都较好的 2(B) 7(G) 1(R) 方案。这与上述的理论证明是一致的。然而，这一方案对于区分居民地和耕地来说，效果却是最差的。这表明，该方案确实突出了植被信息。

从表 5b 可以看出，不同时相的 TM 影像，对合成效果的影响是很大的。比如选用五月时相的 TM 影像合成，4(B) 5(G) 3(R) 合成方案对于区分乔木林和灌木林来说，效果还是比较好的。但若用九月时相的 TM 影像合成，这一方案的效果却很不理想。从 2(B) 3(G) 4(R) 合成方案的数据还可以看出，上述几种植被类型确实是不易区分的。

应当指出，在应用本研究的理论和方法进行专题信息提取时，其结果与卫星影像的质量、时相以及其他多种因素有关。如果用于合成的影像资料本身就很差，那么信息提取或方案优选的结果也不会十分理想。所以，所谓最佳也是相对于基础影像资料而言的。

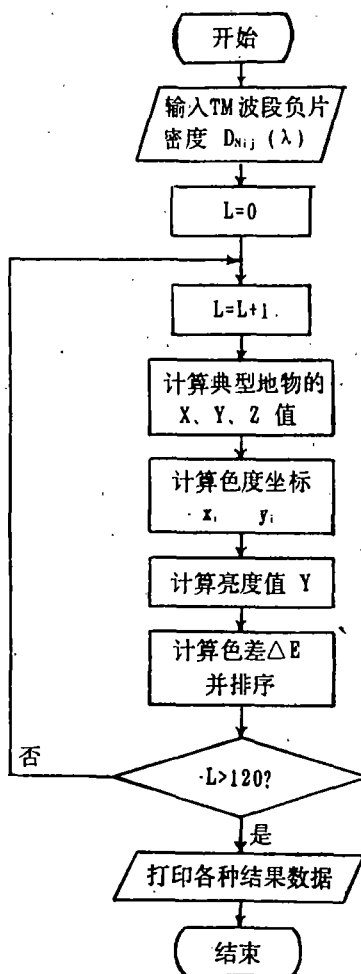


图 5 IBM-PC 微机运行程序框图

Fig. 5 Flow chart of IBM-PC microcomputer operating

参 考 文 献

- [1] 荆其诚等,色度学,科学出版社,1979年。
- [2] C. E. K. 密斯等,照相过程理论(下册),科学出版社,1986年。
- [3] Welford 等(石油化学工业部第一胶片厂研究所译),彩色片原理,石油化学工业出版社,1977年。
- [4] 盛尔镇,摄影光学,上海科学技术出版社,1961年。
- [5] 郑绍濂等,概率论与数理统计,上海科学技术出版社,1961年。
- [6] 俞诒潜,摄影与空中摄影学,测绘出版社,1985年。

Research of Standardization of Extraction Thematic Information from TM Images by Using Optical Composition Method

Han Lichang Hou Weiling

(Northeast Normal University)

Abstract

The extraction of thematic information from TM images and the selection of versions of optimal composition material have been a subject which needs a deep research in the fields of remote sensing application. But so far there is no set of complete norms and standards to be followed, especially in the quantitative calculating and estimating of colorimetry on image, and in the determination of optimal composition.

The problems as mentioned above are studied more deeply by means of traditional multiple exposing TM image of experiment area, Shuang yang County in Jilin Province. As the standardization of thematic information extraction from TM images is concerned, this paper proposes a theory of optimizing various composition versions by a method of quantitative calculating colour difference, and gives corresponding mathematical model.

Key words TM image Thematic information extraction Standardization Optical composition Optimal composition scheme