

制作1:5万TM影像图的关键技术

班艺舫 王杰生 戴昌达 胡德永

(中国科学院遥感卫星地面站)

1989年6月17日收稿

摘 要

为了适应面广量大且需求仍在不断增长的1:5万专题调查制图的需要,我们采用数字插值放大、优化波段组合的光机复合处理技术,探索了1:5万高质量TM影像图的制作技术。本文介绍了制作1:5万高质量TM影像图的基本工艺方案及技术关键:(1)对TM图像磁带数据进行实数倍(2.28倍)双向线性插值放大,(2)在C-4500扫描仪上用 $50\mu\text{m}$ 光点扫描获得比例尺为1:25万的潜影图像,(3)把潜影图像经显影、定影处理,再光学放大5倍,获得1:5万TM影像图。从我们结合有关任务先后在河北省南皮县、黑龙江省穆稜县和山东省莱洲湾等地区进行的试验研究看,均取得了良好效果。

关键词 TM影像图 光机复合处理 双向线性插值 优化波段组合

一、引 言

新一代资源卫星TM图像问世以来,以其丰富的光谱信息、30m的空间分辨以及很高的几何保真度吸引了众多用户,被广泛应用于许多领域。但至今TM图像主要用于小于1:10万的中比例尺制图,而用途十分广泛的1:5万专业调查制图仍依赖于航空摄影测量,严重影响了TM图像使用价值的充分发挥。

目前国内外有关土地利用、地质、土壤、地貌、森林、草场等专业调查制图,规定上图的最小图斑一般为 4mm^2 ,这在1:5万图上相当于地面 $10\,000\text{m}^2$,即11个TM像元的覆盖面积,超过了TM图像计算机识别或目视判读所能达到的详度极限。因此,就TM图像的空间分辨力来说,应当能够满足1:5万专业制图的基本要求。目前常用的图像放大处理方法,一种是把地面站合成好的小比例尺彩色胶片用纯光学法大倍率放印成1:5万纸片图像,或用地面站提供的小比例尺单波段黑白胶片合成放大成1:5万彩色图像。但经过光学大倍率放大得到的图像模糊发虚,清晰度明显降低。另一种方法是在图像处理系统上直接放大像元,但在最后获得的1:5万图像上,连每个像元形成的小方块($0.57 \times 0.57\text{mm}^2$)都反映了出来,在这种图像上也很难确切勾绘专业图斑的界限。据此一般都认为应用TM图像绘制专业图的比例尺极限是1:10万^[1,2]。

为了适应1:5万专题调查制图的需要,我们结合有关任务,进行了一系列试验研究,均取得了良好结果,并摸索出了一套制作1:5万高质量TM影像图的基本技术工艺。

二、1:5 万 TM 影像图的制作

1. 光机复合放大成像的作业流程

光机复合放大成像是制作高质量 1:5 万 TM 影像图的关键性基础工作。首先是对 TM 图像磁带数据进行实数倍(2.28 倍)双向线性插值放大;其次在 C-4500 扫描仪上用 $50\mu\text{m}$ 光点扫描获得 1:25 万潜影图像(与常规 $25\mu\text{m}$ 光点扫描相比,又放大一次);最后把潜影图像经显影、定影处理,再光学放大 5 倍,获得 1:5 万 TM 影像(图 1)。

采用以上光机复合的作业流程,可以把两种处理方法的优点集中起来,避免了单纯光学处理中放大倍率过大造成的影像模糊,或单纯计算机处理时显示出像元方块的弊端,从而为获得高质量的 1:5 万 TM 影像图找到了一种可行的工艺方案。

2. 计算机插值放大

用计算机对 TM 图像进行插值放大,加密图像像元,是保证制作出的 1:5 万 TM 影像图具有良好几何特性与清晰度的关键技术之一。通常按整数倍插值放大 2,3 或 4 倍,把原始图像上的一个像元放大为 4 个,9 个或 16 个,由于地面站提供给用户使用的常规数据产品(P data),已经系统校正处理,其像元度已调整为 28.5m,这样,整数倍插值放大获得的新像元尺寸就变为 14.25m(放大 2 倍),9.5m(放大 3 倍),或 7.125m(放大 4 倍),而扫描成潜影图像的光点尺寸只有几个固定档次,不能任意调控,自然扫出的潜影图的比例尺分母也就不可能是整数,因此,欲从这种图像放大出比例尺精确为 1:5 万的图像,必须使用具有精确灵活调控比例尺装置的放大设备。从目前情况看,这类设备很昂贵,国内极少;另种方法是在一般放大机的承影板上放置比例尺为 1:5 万的图件等标识物,再与投影精细套合。这样做不仅费事,而且难以保证高精度。为了克服这些困难,我们采用了实数倍双向线性插值放大技术。具体做法是,按放大后新像元为 12.5m 的尺寸对原图像重采样,若采样点 (x, y) 落在 $(i, j), (i, j + 1), (i + 1, j), (i + 1, j + 1)$ 四个像元之间(图

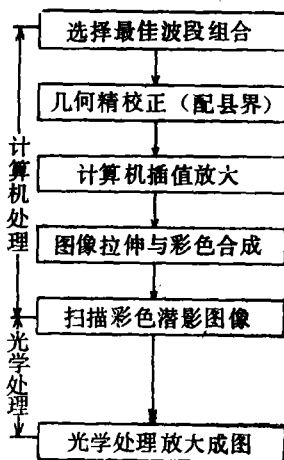


图 1
Fig. 1

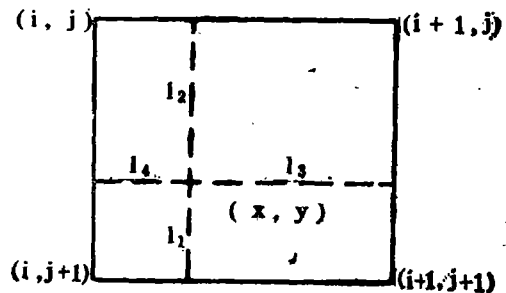


图 2
Fig. 2

2), 则采用下述公式计算其灰度值^[3]:

$$f'(x, y) = l_1 l_1 f(i, j) + l_1 l_1 f(i + 1, j) + l_2 l_2 f(i + 1, j + 1) + l_2 l_2 f(i, j + 1)$$

其中: l_k 为距离权系数 ($k = 1, \dots, 4$), $f(i, j)$ 为原图像像元 (i, j) 处的灰度值。

根据上述算式设计程序, 可很快算出加密后尺寸放大为 12.5m 的新像元灰度值, 然后对插值放大后的图像进行分段线性拉伸, 以改变原图像灰度值的直方图分布, 即利用钳位控制对所示图像 95% 以上的像元进行灰度扩展, 同时针对扫描成像用的彩色反转片的感光特性, 压缩图像高低两端灰度值, 使图像在底片感光特性好的亮度范围内得到充分扩展, 以保证扫出层次分明、信息丰富的影像图。拉伸变换曲线及拉伸前后的直方图分布情况见图 3。其中 a_1, a_2 为钳位控制值, b_1, b_2 为底片感光敏感区的上下界。

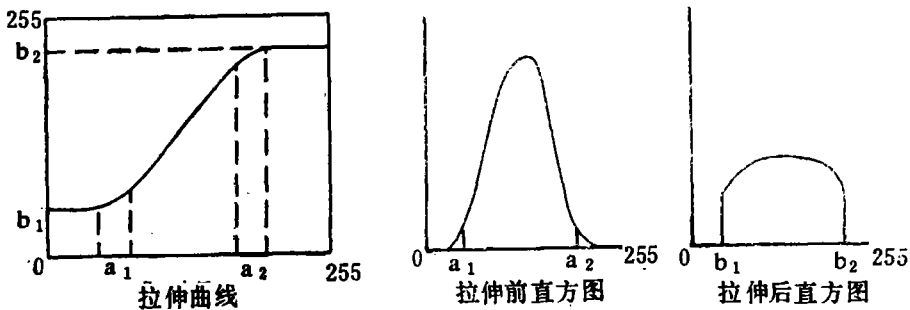


图 3

Fig. 3

经这样插值拉伸后的数字图像, 就可用扫描成像装置, 以 $50 \mu\text{m}$ 光点扫出比例尺为 1:25 万的潜影图像, 经显影、定影后即得母片。如果扫描成像时用彩色反转片, 则母片为正像, 可用反转像纸直接放印, 或拷贝成负片后再放印出 1:5 万彩色像片。如果用黑白胶片扫单波段片, 再光学合成, 放大出 1:5 万彩色像片也可, 不过这样处理, 将增加工作量, 且光学合成时配准困难, 容易降低合成图像的质量。

3. 合成图像的波段优化组合

制作出的 1:5 万 TM 影像图是否包含了可以满足专题调查制图需要的丰富的光谱信息, 在很大程度上取决于波段组合的选择。确定最佳波段组合的方法有多种, 其中, 一种是实验的方法, 按排列组合可能形成的方案处理出各种合成图像, 然后由专业应用人员根据目视判读效果作出评价。不言而喻, 这种方法的工作量很大, 且带有判读者的主观性。另一种是近年来受到较多注意的方法, 即分析各波段的信息量, 并计算各波段光谱信息间的相关性, 其中三个信息量较大且彼此相关性最小的波段一般就是最佳波段。已有的研究表明^[4], TM 的三个可见光波段 (TM1, 2, 3) 之间, 两个中红外波段 (TM5, 7) 之间的相关性很高; 由一个可见光波段 (TM1, 2 或 3)、一个中红外波段 (TM5 或 7) 和近红外波段 (TM4) 合成的图像, 一般都具有较丰富的光谱信息, 对于许多地区来说, 又常以 TM3, 4, 5 和 TM1, 4, 5 这两种组合算出的协方差矩阵行列式值最大, 即相关性最小, 从而合成效果最佳。

但是在一张总体评价为信息丰富的优质图像上, 可能有某些地物反映得并不够十分清晰、详尽, 对需要突出这些地物的某些专业调查制图来说, 当然不能算是最好图像。因此除了从总体上分析了解研究地区 TM 图像的光谱信息特征外, 还必须选择出若干能代表研究地区主要地物类型, 特别是与专业调查制图内容有关的地物类型的小样区, 并把这些小样区的 7 个波段亮度值打印出来, 整理成各类地物亮度值表, 据此绘制地物光谱亮度曲线(亨利曲线)。把不同地类的曲线绘在一张图上, 可以分析研究不同地类间光谱亮度差异性的程度; 把同一地类内不同个体(选在不同地段的小样区或像元)的光谱曲线绘在一张图上, 就可以分析研究类内个体间光谱亮度的离散性程度, 从而直观地选择出类间差异性相对较大、类内个体间离散性相对较小的 3 个波段来合成图像, 这样就能确保把与该专业调查制图内容有关的地物信息突出出来。

基于上述原理, 经反复分析比较, 最后确定: 山东莱洲湾地区为研究地下卤水资源而制作的 TM 图像, 采用 TM4, 3, 2 分别赋 R, G, B 的常规合成方案。在这种合成片上水陆界限、盐碱滩、生长作物的农田、裸地、几级滩地都反映得相当清楚, 已能满足研究地下卤水资源的要求; 黑龙江省穆稜县为土地综合利用规划制作的 TM 影像图, 采用 TM4, 5, 3 赋 R, G, B 的合成方案, 在这种合成片上旱地、裸地、居民点、水田、林地、灌丛草地等均有不同的显示, 特别是山坡地层次十分丰富, 详细提供了有关植被类型、盖度、土壤侵蚀强度、基岩特性等进行土地规划时需要注意的信息, 而在 TM4, 3, 2 赋 R, G, B 的常规合成片上, 山坡基本上都是一片红, 信息要单调得多; 河北省南皮县为土地资源调查与动态监测而制作的 TM 影像图, 也采用 TM4, 5, 3 赋 R, G, B 的合成方案, 该地区属旱、涝、盐碱低产区, 影响土地生产力的主要限制因子是盐碱、水分等。在这种合成图像上, 土壤盐碱化程度和湿度等的差异, 显示得比别的组合都详细、清晰, 效果很好。

三、应用效果分析

我们分别用 1987 年 5 月 14 日和 1986 年 6 月 25 日两个时相的 1:5 万 TM 影像图绘制了南皮县的 1:5 万土地利用现状图。前者是经计算机插值放大处理所得的图像, 后

表 1

Table 1

土地类型	目视判读精度 (%)	
	经插值处理的 TM 图像	未经插值处理的 TM 图像
13 麦地	98.58	92.03
14 春播地	90.10	87.33
21 果园	95.82	95.56
31 有林地	94.70	92.99
51 城镇	92.10	91.81
52 农村居民点	89.54	81.24
53 砖厂	95.20	81.57
82 盐碱地	89.50	85.46
总平均精度	93.19	89.25

者未经插值处理,而是用 $100\mu\text{m}$ 光点扫描成图放大所得的图像。判读图经抽样分析量算,并以详查资料为依据,得到了南皮县土地利用现状图的精度分析结果(表 1)。

从表 1 可以看出,经插值处理的 TM 图像,总判读精度提高了近 4%。尽管有些差异在很大程度上是时相不同造成的,如麦地、砖瓦厂等,但与时相相关较小的居民点、有林地、果园等的判读精度也有较大的提高,尤其是农村居民点,提高了 8.3%,这足以说明经插值处理的图像有着更大的应用价值和前景。可以设想,如果将同一时相经插值处理放大的 1:5 万 TM 图像,与直接用 1:100 万彩色负片放大 20 倍而成的 TM 图像进行土地利用现状判读的结果相比较,其精度必将有更为显著的提高。

另外,我们还应用 1:5 万高质量 TM 影像图分析了南皮县土地资源特点与农业生产条件,并将全县划分成了四个农业发展区:(1)西部高原(多高垆地)综合发展区,(2)中部盐碱涝洼地牧业发展区,(3)东部平原粮果发展区,(4)东南沙岗地棉果发展区。这些界限与使用航空像片及地面调查确定的界限一致,详见文献[5]。

四、结 语

采用上述技术工艺与方法制作的 1:5 万 TM 影像图,质量好,颗粒细,图像清晰,层次分明,信息丰富,几何精度高,可以满足各类专业人员调查绘制 1:5 万专业图的要求,从而大大扩展了 TM 图像的应用领域与使用价值;在处理过程中,不仅减小了高倍光学放大可能产生的畸变和边缘模糊,同时整数倍光学放大也使光学放大过程变得简单易行。理论分析和处理实践都表明,经这样处理的图像,除在灰度值突变区可能因插值引起平滑外,一般图像信息均保持原状,没有损失。从整体上看,用此方法制作的 1:5 万影像图,不仅明显地比直接用 1:100 万负片放大而成的图像质量好,而且比不经插值直接用 $100\mu\text{m}$ 光点在 C-4500 上扫描后放大而成的图像也要好。因此,光机复合、实数倍双向线性数字插值放大处理是一条切实可行的制作高质量 1:5 万 TM 影像图的途径。

参 考 文 献

- [1] Colvocoresses A. P., 1984, Mapping of Washington D. C. and Vicining With the Landsat-4 thematic mapper, Technical Paper of the 50th Annual Meeting of America Society of Photogrammetry, Vol.2, pp.757-764.
- [2] 王长耀, SPOT 卫星图像和 TM 资料在土地利用调查中应用效果分析, 农业遥感文集, pp.14-19, 北京科学技术出版社, 1988 年。
- [3] 郭德方, 遥感图像的计算机处理和模式识别, pp.167-188, 电子工业出版社, 1987 年。
- [4] 戴昌达等, TM 图像的信息特征与最佳波段组合, 环境遥感, 4(4), 1989。
- [5] 雷莉萍等, TM 图像在县级土地资源调查与开发规划中的应用研究, 环境遥感, 4(4), 1989。

The Key Techniques of Making 1: 50,000 TM Image

Ban Yifang, Wang Jieshen, Dai Changda, Hu Deyong

(Remote Sensing Satellite Ground Station, Academia Sinica)

Abstract

In order to suit the wide, large quantitative and continuously increasing needs of 1: 50,000 survey and mapping of special topics, we use the optical-computer composite processing techniques such as digital interpolation and magnifying, and optimization of band combination, the techniques of making 1:50,000 high quality TM image have been explored. This article introduces the main steps and key techniques of making 1: 50,000 TM image, i.e. (1) magnifying TM CCT data by real times (2.28) using interpolation method; (2) obtaining 1: 250,000 TM latent image through 50 μm light-spot scanning on C-4500 Scanner; (3) creating 1:50,000 TM image by optical processing. The test studies in Nanpi County, Hebei Province; Mulin County, Heilongjiang Province; Laizhou Bay, Shandong Province have achieved good results.

Key words TM Image Optical-computer Composite Processing Bilinear Interpolation Optimization of band combination