

利用 TM 资料对里下河地区的湖泊和滩地进行调查的几个技术问题*

王廷颐 张妙玲 俞纯绅

(江苏省农业科学院南京农业遥感分中心)

1987年3月7日收稿

摘 要

本调查主要是根据1984年5月7日成像的TM3, 4, 5波段合成图像进行的。应用合成—放大—校正²图像处理方法,同野外调查相结合,把目视判读结果转绘到1:5万地形图上,面积误差仅有1.48%(与野外调查相比)。这表明,应用TM数据在大面积上进行高精度的湖泊和滩地调查是可行的。

江苏省里下河地处长江北岸、淮河下游,北起灌溉总渠,南至通扬运河,东以通榆运河为界,西靠丘陵边缘,面积为14355平方公里,是江苏省著名的“锅底”区。这里浅水湖荡面积约占全省的五分之一,内陆滩地面积占全省第一位。

为合理开发利用江苏省里下河地区的湖泊(荡)和滩地资源,1986年我们利用TM资料对该区的湖泊、滩地进行了全面调查。据调查,里下河地区湖泊面积为1038.5平方公里(1557733.5亩)、滩地面积为750.8平方公里(1126128.7亩)。并获得分县的湖泊、滩地面积及1:10万分布图。

一、工作方法和程序

(1) 利用彩色合成和暗室技术,制出1:50万,1:20万,1:10万,1:5万的TM系列彩色合成影像图,以1:10万影像图作为基础图件,以1:5万影像图进行面积量算;

(2) 采取实地调查和室内判读相结合的方法,对里下河地区所在的9个县(郊)进行实地抽样调查和反复验证。在总结湖泊、滩地卫星影像特征的基础上,在室内判读湖荡水面、滩地、藕田、鱼池、垛田、耕地、居民点等地类,并勾绘出湖荡、滩地界限;

(3) 将湖荡、滩地界限转绘到1:5万地形图上,用方格法进行面积量算;并清绘复制成1:10万彩图。

* 参加本项工作的还有陈玉泉、杨兴和、马金福、刘羽、孙玲和刘燕等。

江苏省农业区划办公室,扬州、盐城市农业区划办公室,兴化、宝应、高邮、盐城、建湖、阜宁、淮安、泰县和金湖等县农业区划办公室曾给本项工作以大力支持,谨表谢意。

二、几个技术问题

1. TM 资料在湖泊滩地调查中的应用潜力

为了了解 TM 影像在湖泊、滩地调查中的潜力,我们对 1984 年 5 月 7 日的不同比例尺的 MSS 与 TM 影像的性能进行了比较(表 1)。

由于 TM 辐射分辨率较远 MSS 为高(前者为 256 级、后者为 64 级)。虽然,在比例尺小于 1:20 万时体现不出 TM 的优越性,但是,当比例尺大于 1:20 万,尤其在 1:5 万的影像中,两者的差别就极其明显了。TM 影像图斑清晰、边缘锐利,很易判读,而 MSS 影像的图斑却模糊不清¹⁾。值得注意的是在 TM 影像中,一个图斑还能清楚地判出不同层次(如滩地覆被是芦苇还是蒿草、滩地作物长势、湖荡的水质及深浅等)。

此外,我们还进一步论证了应用 1:5 万 TM 资料调查里下河湖泊、滩地的可行性。由于卫星分类精度除地物光谱差异、传感器噪声、光学传递函数及分类方法的影响外,很大程度上取决于地物边界混合像元的相对比例,地类大小不同,对分辨率要求亦不同。若设二相邻地物 A 和 B 间的边界混合像元为 M,按概率分类准则有 $\{M \in A, \text{当 } P(M) > 0.5; M \in B, \text{当 } P(M) < 0.5; M \in A \text{ 或 } B, \text{当 } P(M) = 0.5\}$,由此引起的分类面积误差是 $(-0.5R^2, +0.5R^2)$ 的均匀分布(其中 R 是矩形像元边长,即分辨率大小),则均方

差 $\rho = S = \frac{1}{\sqrt{12}} R^2$ 。据误差传布定律, n 个混合像元的总误差为 $S = \sqrt{\frac{n}{12}} R^2$ 。当某

地块面积为 A,周长为 L 时,可简化混合像元数 $n = \frac{L}{R}$,混合像元百分比 $PE = L/R/$

$A/R^2 = LR/A$,则 N 个地块的相对误差

$$S_R = \sqrt{\frac{R^3}{12} \sum_{i=1}^N \sqrt{L_i}} / \sum_{i=1}^N A_i = \sqrt{\frac{R^3}{12}} \cdot \frac{\sqrt{L}}{A}$$

假设混合像元引起的分类误差低于某置信度 α ,即

$$\frac{\sqrt{L}}{A} \cdot \sqrt{\frac{R^3}{12}} \leq \alpha,$$

则可以 $R \leq \sqrt[3]{12\alpha^2 \frac{A^2}{\sqrt{L}}}$ 作为地块大小对分辨率要求的判据、其中 R 为分辨率, α 为误

差置信度, L 为地块周长, A 为地块面积。据在里下河地区对实际地类的调查,当 $\alpha = 0.02$ 时,滩地和湖荡在分辨率分别为 70 米及 98 米时即可判出,而居民地及早地由于地块

表 1 不同比例尺的 MSS 和 TM 影像的性能

Table 1 Comparison between the MSS and TM Image in Different Scale

	1:50 万	1:20 万	1:10 万	1:5 万
MSS	影像清晰	较清晰	较模糊	很模糊
TM	影像清晰	清晰	清晰	清晰

1) 张玮,地球资源卫星 TM 影像的大比例尺假彩色合成,农业资源与遥感(试刊),1986年。

很小,即使 $\alpha = 0.05$,也要求分辨率达到 15 米及 29 米(表 2)。对里下河地区五个县 667 块滩地及 101 个湖泊(荡)进行排队,对其中占湖泊或滩地总面积 $\leq 1\%$ 的小型湖荡和小块滩地分别统计其平均周长和平均面积,得出 $\alpha = 0.02$ 的临界分辨率,分别为 27 米和 35 米(表 3)。此值与 TM 的空间分辨率(30 米)非常接近。说明利用 TM1:5 万像素进行湖泊、滩地调查是可以保证其精度的。

表 2 不同地类对分辨率要求
Table 2 Resolution Requirements for Different Sorts of Land

地 点	平均周长 (米)	平均面积 (亩)	临界分辨率	
			$\alpha=0.05$	$\varepsilon=0.02$
居民地	314.7	9.5	15	8
旱 地	770	37.8	29	15
水 田	2950	618.8	120	65
滩 地	2122.5	592.4	130	70
湖 泊	3285	1210.5	181	98

表 3 小块滩地、湖荡对分辨率要求
Table 3 Resolution Requirements for Smallest Wet Land and Lake

地类	平均周长 (米)	平均面积 (亩)	临界分辨率	
			$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.02$
滩地	867	92	50	27
湖荡	1121	151	60	35

2. 时间和波段选择

里下河地区主要地物为湖荡、滩地、藕田、鱼池、垛田、耕地(冬作物为小麦、大麦、油菜;夏作物为水稻、棉花)、居民地等。不同季节反映它们的色调也不同。如滩地主要生长芦苇及蒿草,每年 3 月份返青,5 月份拔节,6 至 9 月生长旺盛,11 月开始枯萎或被收割;湖泊、鱼池色调变化不大;耗地由于不同作物、不同物候期色调变化很大。我们通过三种途径选择湖泊、滩地(特别是滩地)与其它作物反射光谱差异最大的时候和波段组合。

(1) 实地调查分析

在 6 月份,滩地芦苇生长较好,易与水稻秧田或插秧大田色调混淆,而泡水待插水田又易与小型水面混淆;8 月份,滩地芦苇与稻田一样长势旺盛,色调亦易混淆;11 月份则因滩地芦苇被收割,色调往往与湖泊水面混淆,也可能与刚播种小麦的耕地混淆;只有在 5 月份芦苇已拔节,叶色浓绿,而小麦正在灌浆,颜色褪淡,大麦处在黄熟阶段,滩地、湖泊水面与耕地、居民地等其它用地最易分清。

(2) 卫星像片密度组合分析

用 CMT 型透射密度计测出不同时相、不同地物在不同波段上的密度,并建立数据矩阵:

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1M} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & x_{ij} & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N1} & x_{N2} & \cdots & x_{NM} \end{pmatrix}$$

其中: x 为原始数据矩阵, M 为底片波段数, N 为总地类别数, x_{ij} 为第 i 波段第 j 地类密度值。

若把样本的每个个体看做 m 维空间的一个点,则可以欧氏距离(d)大小来衡量样本间差异程度^[1,2], d 值越大,地类密度差异越大,组合的光学效果越佳,欧氏距离采用以下判

别式:

$$d = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N (z_i - z_j)'(z_i - z_j)$$

其中: $z_i = (x_{i\alpha_1} x_{i\alpha_2} \cdots x_{i\alpha_m})'$, $z_j = (x_{j\alpha_1} x_{j\alpha_2} \cdots x_{j\alpha_m})'$

$$z_i - z_j = \begin{pmatrix} x_{i\alpha_1} - x_{j\alpha_1} \\ x_{i\alpha_2} - x_{j\alpha_2} \\ \vdots \\ x_{i\alpha_m} - x_{j\alpha_m} \end{pmatrix}$$

则

$$d = \sum_{k=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N (\alpha_{i\alpha_k} - x_{j\alpha_k})^2$$

其中: d 为欧氏距离; N 为总地类类别数。为了突出某地类 i , 令 $j \neq i$; 在 $1 \leq \alpha_1 < \alpha_2 < \cdots < \alpha_m \leq M$ 范围内, 共有 M^m 种取 m 个波段合成方式。

在 1984 年 5 月 7 日及 1985 年 12 月 4 日的 TM 卫星像片上, 分别对水体、居民地、滩地、垛田、耕地、林地等共九种地类进行了密度测定。当突出滩地时, 利用欧氏距离法, 从七个波段取三个进行组合, 并在 $C_7^3 = 35$ 个组合中, 选出前六名最佳组合¹⁾及对应的 d 值(表 4);

结果表明, 5 月份里下河地区的 d 值较 12 月份为高; 在 5 月份则以 3, 4, 5 三个波段组合的效果最好 ($d = 0.9332$)。

(3) 暗室波段配合试验

前两种方法只是提供最佳时相和波段配合的可能途径, 最终还需根据暗室试验和目视判读结果。经反复试验, 1984 年 5 月 7 日的 3, 4, 5 波段组合确有最佳的目视判读效果, 不但滩地、湖泊和其它地物色调分明, 而且能区别出滩地类型和作物长势。加之当天兴化水位 0.82 米, 较好地代表了里下河地区湖泊、滩地的实况。因此以上述波段组合的合成片作为判读基础。有关地类的卫星影像特征见表 5。

3. 暗室光学放大及纠正

Durst 1840 放大机进行水平放大至

1:5 万的正确距离, 是用公式计算及灰阶标尺直接量算的方法来解决的。纠正问题则通过: (1) 调整特制的可上下、左右、前后旋转的暗室活动承影板和放大机镜头角度, 即转动影像和进行投影变换, 将卫星像片放大至 1:5 万的局部子像与相应比例尺的地形图进行配准。与同名地物点对照, 星下点位置要求丝毫不差; 离卫星像片中心稍远处亦要求误差控制在 1 毫米以内; (2) 应当尽量避免使用卫星像片边缘和四角的影像, 以避免较大误差

表 4 TM 图像不同时相和波段组合的 d 值
Table 4 The Value d in Accordance with Different Period and Band Composition

1984 年 5 月 7 日		1985 年 12 月 4 日	
波段组合	d 值	波段组合	d 值
3, 4, 5	0.9332	3, 5, 7	0.6203
3, 4, 7	0.8403	2, 3, 5	0.4851
3, 5, 7	0.8155	1, 3, 5	0.4774
2, 3, 4	0.7627	3, 4, 5	0.4669
1, 3, 4	0.7436	2, 5, 7	0.4448
2, 3, 5	0.7379	3, 5, 6	0.4437

1) 水体在任何波段与其它地类的差异都是最大的, 故主要找出突出滩地的最佳组合。

的出现。再通过两张旁向重叠约 30% 的卫星像片相嵌,可以使像片变形达到最小程度。在纠正放大后的 1:5 万 TM 合成子像上,以及该像片范围内随机选出的 7 张 1:5 万透明地形图上,分别选择 7 个同名地物点进行比较,根据中误差公式^[3]: $M_{点} = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}}$, 49 个点的总中误差为 0.51 毫米(表 6),也就是经光学纠正的 1:5 万 TM 图像地面点中误差为 25.4 米,不到一个像元。证明在平原地区通过线性纠正,可以较好地解决多光谱图像本身的误差和与地形图配准问题。因此,在选择最佳时相和波段的基础上,通过暗室进行“合成—放大—纠正”一次成像是完全可行的。

应当指出,从表 6 的中误差看来,将 TM 图像放大到 1:5 万,精度虽没有提高,但随着比例尺的加大,不仅使量算面积更方便,而且可以较多地判出更小的图斑。

4. 调查精度的控制

为了保证调查精度,我们还对影像判读误差、边界误差及量算误差进行了控制。

(1) 控制影像判读误差和边界勾绘误差

根据假彩色合成影像的色调差异来辨别滩地、湖荡和其它地物,虽然比较分明,但个别地块由于色调模糊,它会造成判读误差和边界勾绘误差,从而影响面积精度。对此我们采取了室内判读与实地核查相结合的方法,对一些有疑点的地块进行实地调查与纠正,结果大大提高了精度。以建湖县最终核查结果为例,在随机抽样的 105 个滩地样方中,判对率为 95.2%,判对面积为 98.84%。

表 5 里下河地区不同地类的卫星影像特征
Table 5 The Satellite Image Characteristics of Different Sort of Land in Lixiahe Region

地 类	色调及影像特征
滩 地	草绿黄色或褐红色。芦苇长势较好者呈草绿黄色,荒草长势较好者呈褐红色。面积大,形状不规则,周围或内部与水面相同
大型湖泊	蓝色,色调均匀,形状不规则
中小型湖泊 (或湖荡)	蓝黑色,色调基本均匀,形状不规则
精养鱼池	蓝色,呈规则小格状,色调不均匀
提水保柴滩地	深灰蓝色,色调均匀,呈规则及不规则形状
藕 田	淡紫蓝色,色调不均,呈规则及不规则形状
小 麦 田	绿色,色调均匀,形状规则,大块田中有渠道、道路相间
大麦、油菜田	紫色,5 月份正处于成熟期,色调不均匀,一般形状规则,但田块较小
秧 田	蓝色,夹杂在耕地中,田块小
绿 田	蓝绿色,呈云雾状,形状不规则
居 民 地	紫灰色,色调深浅不一,形状不规则

表 6 1:5 万 TM 影像与地形图比较的点误差和中误差
Table 6 Error Measured in 1:50000 TM Image
(Compare with 7 Topographic Maps)

图幅名	编 号	点 误 差 (毫 米)							中误差(毫米)
益林镇	9-50-96-甲	0.4	0.0	0.6	0.8	0.9	0.2	0.4	0.56
建阳镇	9-50-96-丙	0.0	0.2	0.5	0.8	0.4	0.2	0.9	0.34
金湖镇	9-50-107-丙	0.4	0.1	0.7	0.2	0.2	0.8	0.7	0.52
岔河镇	9-50-107-甲	0.2	0.2	0.1	0.9	0.8	0.6	0.8	0.60
中 堡	9-50-108-丁	0.3	0.4	0.5	0.7	0.1	0.2	0.5	0.43
临泽镇	9-50-108-丙	0.2	0.5	0.9	0.9	0.2	0.7	0.7	0.59
兴化县	9-50-120-乙	0.3	0.9	0.2	0.4	0.2	0.3	0.6	0.46
总中误差									0.51

150 个湖泊水面样方中,判对率达 98.7%,判对面积为 96.27% (表 7)。建湖县用卫星影

表 7 滩地、湖泊(荡)判对率

Table 7 Error of Discrimination (%) in Wet Land and Lake by Using TM Data

滩地	湖荡	其它地物	总计	错判情况	
				判错数	判错%
100	0	5	105	5	4.8
1	148	1	150	2	1.3

表 8 根据 TM 资料与实地详查资料面积比较

Table 8 Area Comparison Between TM Data and Field Survey Data

	TM 资料面积(亩)	实地详查资料面积(亩)	误差(亩)	误差(%)
滩地	79679	78214	+1465	
藕田	4178	4680	-502	
滩地+藕田	83857	82894	+963	+1.16%
湖荡	11952	11522	+430	+3.73%
总计	95809	94416	1393	+1.48%

像调查的湖泊、滩地总面积为 95809 亩,根据同年航空像片进行土地资源详查结果为 94416 亩,两者相差仅 1.48% (表 8)。根据与高邮县土地资源详查的滩地面积比较, TM 资料量算面积误差为 3%。

(2) 消除量算误差

量算误差主要来自图纸伸缩和量算方法两方面。经用透明标准方格纸对复制透明地形图进行逐张检查,平均误差为 0.5%,最大误差为 2.1%,说明图纸伸缩误差较小。为了消除量算过程中的误差,对每个图幅计算了纠正值。用方格法量算过程中,每个图幅由两个人各自进行两遍量算,每个地块 4 个量算值(方格数),最大误差要求控制在 3% 以内,然后求平均值。这样,总的量算误差可以控制在 2% 以内。

三、结 论

(1) TM 资料波段多(7 个),重复周期短(16 天),采用适宜的时相和波段组合的彩色合成影像,可将湖荡、滩地的影像明显突出出来;加之它分辨率高(30 米),覆盖面积大(185 × 178 平方公里),可放大至 1:5 万,因此,既可进行宏观控制,又可达微观分辨,是当前进行湖荡、滩地资源调查的理想手段;

(2) 对里下河地区 14355 平方公里范围的湖荡、滩地进行调查,如用传统人工调查结合航空像片判读方法,约需 100 人,1 年时间,资金 20 万元以上。而且不容易获得适时的航空像片,加之湖泊(荡)、滩地面积大,人工调查难度大,不易获得客观而准确的资料。利用 TM 资料进行调查,只需要 10—15 人,2—3 个月时间(包括野外调查和室内量算)和 3 万元左右资金(如果用计算机数字化板量算面积,还要大大减省人力、时间与资金),而且时相一致,资料客观、正确,经济效益高。此外,由于其重现性强,若能建立“里下河地区湖荡、滩地利用动态监测体系”,还可为及时了解开发规划的实施是否达到预期目标提供依据。

参 考 文 献

- [1] 魏淑秋编,农业气象统计,福建科学技术出版社,1985 年。
- [2] 张尧庭、方开泰著,多元统计分析引论,科学出版社,1983 年。
- [3] 王长耀,利用彩色红外航空像片和 TM 图像进行土地资源调查,环境遥感 1(2),1986。

Inventory of Lake and Wet Land in Lixiahe Region, Jiangsu Province, by Using TM Data

Wang Yanyi Zhang Miaolin Yu Chunshen

(Nanjing Agricultural Remote Sensing Subcenter, Jiangsu Academy of Agric. Sciences)

Abstract

The inventory was conducted mainly on the base of the 1:50000 TM image, composed of band 3, 4, 5; imageried on 1984. 5. 7.

Using "Composition-Enlargement-Correction" image formation method, combined with field survey, the visual interpretation results were transplotted to a 1:50000 topographic map and the area error is only 1.48% (compared with the field survey). It's shown, high precise inventory of the lake and wet land in large area by using TM data is feasible.