

利用彩色红外航空象片和 TM 图象 进行土地资源调查*

王长耀

(中国科学院遥感应用研究所)

1985年12月8日收到

目前,我国正在全国范围内进行土地资源调查。为了探讨利用遥感技术及时、详细、准确、经济地进行大面积土地资源调查,本文想以利用彩色红外航空象片完成天津市土地利用现状详查和对北京地区 TM 图象初步分析的结果为例作些讨论。

一、彩色红外航空象片和 TM 图象在地类识别中的应用

(一) 彩色红外航空象片的应用

通过利用 1:5 万放大至 1:2.5 万的彩色红外航空象片进行天津市土地利用现状详查工作,我们认为,大比例尺彩色红外航空象片,可以满足我国东部农业区土地利用现状详查地类区分的要求。因为彩色红外航空象片和黑白航空象片相比,不仅可以记录物体近红外光谱的反射差异,而且可以通过不同的颜色来表示这种差异,有利于进行土地利用类型的区分。这样就大大提高了遥感图象信息的利用量。

1. 色调分析

彩色红外象片的色调,与被摄景物是吸收还是反射近红外光谱有关。如 9 月份水稻的近红外光谱反射率很高,因此,在彩色红外象片上呈鲜红色;玉米的反射率低于水稻,在图象上呈桔红色;而夹杂绿色草丛的芦苇地在近红外光谱段的反射率高于玉米,因此,它在图象上的特征,是红色背景上有一个个粉红色的晕斑。掌握了土地利用类型的反射光谱特征,就能较好地区分出各种地类。但在实际应用中,由于照片洗印材料和条件不稳定,使得同一物在不同张象片上色调不一致。为了研究这些色调偏离对建立判读标志的影响,我们抽取了十张彩色红外象片,对五种地类,采用 D122 彩色密度计进行了反射密度测量,并用 Y、M、C 分别代表黄、品、青三色的反射密度值。然后,根据韦格达等人的陆地卫星 MSS7—MSS5 之值可以作为植被覆盖指数的观点^[1],再将彩色红外象片上测得的数据作进一步处理,即令 Y—M 作为土地覆盖指数, M—C 作为植被的覆盖指数。结果发现处理后的数据有明显的规律性:有植被覆盖的地区, Y—M、M—C 均为正值;植被覆盖

* 参加本工作的还有刘纪远、王长有、赵英时、吕克解和胡征宇,王树杰、陆燕琴和关燕宁帮助进行计算机处理,清绘周静茹。

稀少的城镇区, Y-M 为正值, M-C 为负值; 水域区, Y-M、M-C 均为负值。对比水稻、晚玉米和春玉米的 M-C 值可以看出, 绿色植被覆盖度越大, M-C 值也越大。由图 1 可知, 不同航带的同类地物, 虽然色调稍有差异, 但它们还是有规律地集聚在一起的, 因此, 根据不同地物的相对色密度差异, 是可以将它们区分开的。

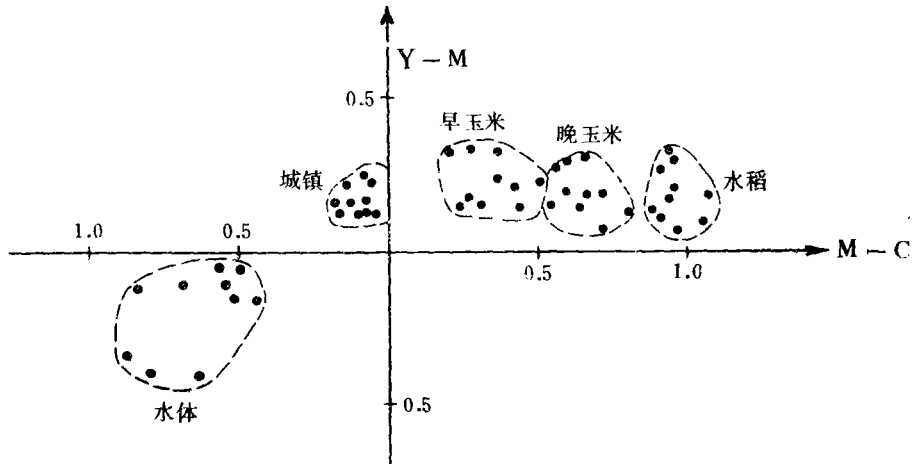


图 1 天津城郊区几种主要作物的彩色反射密度集群
Fig. 1 The Cluster of Colour Reflective Density for Some Crops in Tianjin Urban Area

2. 农事历分析

不同的作物、树种在一年中有自己的发育过程, 从萌芽、长叶到开花结果, 有一定的季节节奏, 不同的发育过程是有差异的, 生长阶段不同, 它们对近红外光谱的反射能量大小

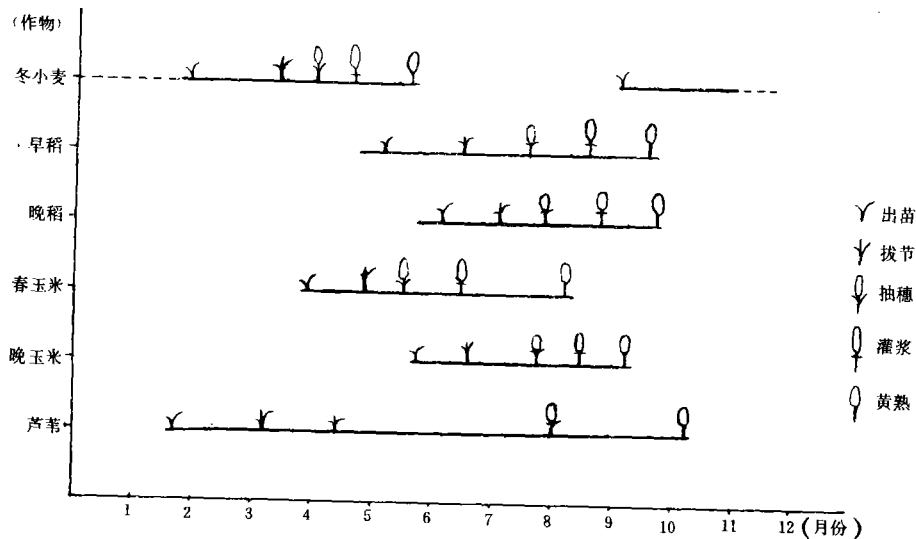


图 2 天津市主要农作物生长周期表

Fig. 2 The Table of Growing Development for Main Crops in Tianjin Area

也不同,在彩色红外航空象片上就产生不同的色反差。在 9 月上旬拍摄的彩色红外象片的时间断面上(图 2),水稻正处于旺盛的生长季节,强烈反射近红外光谱;玉米接近收获季节,开始变黄,近红外反射率降低。春玉米和晚玉米在彩色红外图象上也易区分,因为春玉米一般在 4 月份播种,9 月份已经成熟,叶子枯黄,在彩色红外象片上呈棕色到青棕色;晚玉米在麦收后的 6 月份播种,在 9 月份摄影时,枝叶仍然青绿,因此在彩色红外象片上为浅红色。根据农事历可进一步推断,晚玉米地属于一年两作的杂粮田。

除此而外,再加上对有关土地利用类型的图形、影纹、阴影和相关关系等图象特征的分析,使我们取得了天津市土地利用类型的一系列判读标志。据此,通过室内判读及少量外业调绘,我们在较短的时间内,完成了 60 多种地类的判读工作。经检验,全区地类判读精度达到了 90% 以上。

(二) TM 图象的应用

彩色红外航空象片虽然可以满足农业区土地利用现状详查的需要,但在我国北部、西部及西藏等地区的牧区,不可能、也不必要全部应用大比例尺的彩色红外航空象片。对于这些地区,完全可以使用 TM 图象。

TM 图象具有较高的空间分辨率和光谱分辨率,因此在应用 TM 图象作分析时应充分利用这两个特点。

1. TM 图象的空间分辨率

第二代陆地卫星可见光和近红外光谱段 TM 图象的空间分辨率为 30 米,这种分辨率有助于研究中国、印度和欧洲一些田块较小的国家的作物长势^[2]。通过我们对放大到 1:10 万的北京地区的 TM 图象(1984 年 10 月 3 日摄象)的初步分析, TM 图象对于线状地物,可区别出 5 米宽的道路和水渠。这在陆地卫星的 MSS 图象上是难以辨认的。

2. TM 图象的光谱分辨率

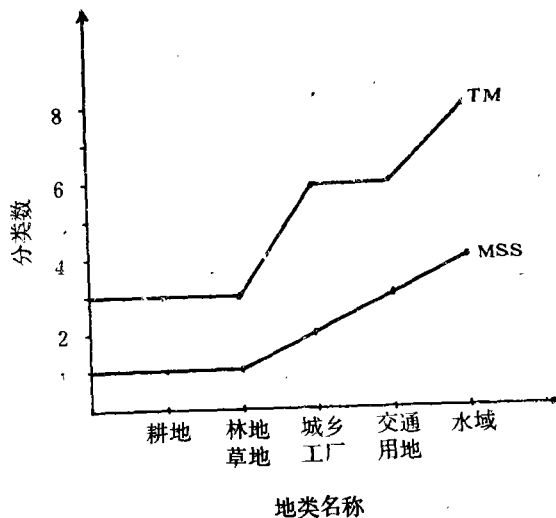


图 3 MSS 与 TM 图象分类效果分析图

Fig. 3 The Analysis Map of Recognizable Ability for Land Use

Category with MSS and TM Image

TM 图象的波段划分更细,从可见光到红外部分共分七个波段。除此而外,辐射测量的量化等级也由原来的 64 级细分到 256 级^[2]。这些特点有助于识别和提取更多的专题信息。TM 资料与 MSS 资料相比,增加了 0.45—0.52 微米的蓝绿波段。这一波段对植物内的叶绿素特别敏感,有助于水体和森林制图。同时,利用这一蓝绿波段,可以合成类似于自然景色的“真彩色”图象,提高对地物的识别能力。通过合成“真彩色”图象和合成假彩色图象的对比分析,在“真彩色”图象上可以区分灰绿的城市园林、中绿的菜地、棕色的玉米地和墨绿的林地(图版 II, III),而这些地物在假彩色合成图象上,均为一片红色。此外,利用 5 波段(1.55—1.75 微米,有助于研究土壤水份)、7 波段(2.08—2.35 微米,可预测生物)及 6 波段(10.40—12.60 微米,可测定土壤热特性)可以区分出更多的土地利用类型。

通过对北京地区 TM 图象的几何特征和光谱特征的综合分析,可以区分出 24 类土地利用类型,比 MSS 多一倍(图 3)。由此可见, TM 图象宜于进行农、林、牧等土地资源的调查。

二、彩色红外象片与 TM 图象在面积量算中的应用

(一) 彩色红外象片的应用

在天津市土地利用现状详查的面积量算时所用的量算图,是把经判读的彩色红外航空象片转绘到 1:1 万影像地图上产生的。由于彩色红外航空象片与影像地图之间有大量一一对应的点、线作控制,因此,图件转绘精度比较高,这就为面积量算达到较高的精度提供了有力的保证。但在得到准确的耕地面积之后,按“详查”要求,还需扣除其中的线性地物,如沟渠、农村道路和田埂等的面积。

在大比例尺彩色红外航空象片上,由于不同的植物体和水体对近红外波段及可见光

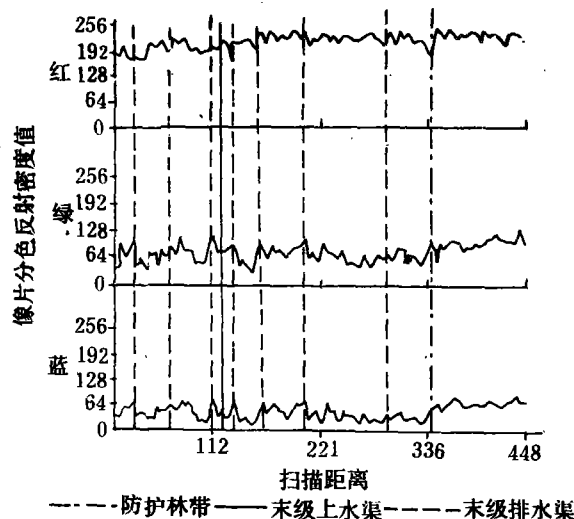


图 4 线状地物彩色红外航空象片上的分色密度特征

Fig. 4 The Colour Density Characteristic Curve of Linear Object in Infrared Colour Air-photo

波段反射率比一般黑白全色片差异要大,在各类不同的土地覆盖之间形成了肉眼可辨的明显界限,这就为我们采用遥感方法量测线状地物的宽度提供了可能。图 4 就是用计算机对彩色红外象片上的玉米条田进行垂直于末级渠道方向的微密度分析的结果。由图可见,线状地物在彩色红外航空象片上的红、绿、蓝三色(分别代表地物在近红外、红、绿三波段的反射特性)的分色密度均与玉米覆盖地段有明显不同。无论末级排水渠或上水渠,均表现为红色密度值的明显下降和绿、蓝色密度值的明显上升,这正是对线状地物宽度量测的物理基础。

利用彩色红外航空象片进行线状地物面积量测方法有两种。

1. 逐条量测法

在天津市土地利用现状详查中,我们采用 10 倍航空象片放大镜对彩色红外航空象片上的线状地物进行逐条量测。为了消除象片量测与实地丈量之间产生的系统误差,在工作开始前,我们在调查区实地和对应的彩色红外象片上选择了一批样点,进行实地丈量和航空象片放大镜量测,通过回归分析,建立了回归方程;在正式量测时,对每一数位进行修正,从而取代了实地丈量,得到了较高的线状地物量算精度。

为了证明彩色红外航空象片的优越性,我们利用同一地区的彩色红外象片和黑白红外象片,进行了量测线状地物宽度的试验,结果表明,彩色红外航空象片上的线状地物量测宽度经回归分析,其精度比直接用判读镜量测提高了 10 倍(表 1),黑白红外航空象片精度提高的较少^[1]。

2. 系数扣除法

对于沟渠比较规则的地区,也可以采用沟渠系数扣除法,因为,对于一块耕地而言,

表 1 不同片种线状地物宽度回归计算精度分析表

Table 1 The Analysis table of Measuring Precision for the Width of Linear Object in Two Types of Air-photo with the Regression Equation

航空象片类型	比例尺	实地丈量值 (米)	判读镜量测值		经回归计算值	
			数值 (米)	限差	数值 (米)	限差
彩色红外片	1:2.5 万	243.0	284.45	1/28	224.25	1/194
黑白红外片	1:2 万	237.4	214.40	1/10	253.26	1/15

可以认为沟渠系数受每条沟渠的平均宽度及两条沟渠间的间距两个变量制约,沟渠宽度越大,沟渠系数越小。根据这一原理,有可能建立二元回归方程来求耕地沟渠系数。据此,我们在天津近郊区 1:1 万彩色红外航空象片上,随机抽取 14 个不同形状的地块,利用 10 倍航空象片放大镜,测量了其沟渠宽度、间距、地块面积、沟渠条数、总长度、沟渠系数。经数据分析建立的二元直线回归方程为

$$y = 12.745 + 26.92x_1 - 3.347x_2$$

为了检验此方程的准确性,表 2 对回归方程的变量进行了分析。经 F 检验,结果呈极显著,表明用该方程进行耕地沟渠系数测算是合理的。

表2 回归方程变量检验表

Table 2 The Test Table for the Variable of the Regression Equation

变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	$F_{0.01}$
回 归	2	142.87	71.44	22.52**	9.55
剩 余	7	22.22	3.17		
总变异	9	165.09			

至于沟渠宽度、间距与沟、渠系数间关系的密切程度,由于三个变量间的相互影响,可以通过采用固定其它因子不变、研究某两个变数之间纯相关性的方法,求算它们的偏相关系数进行分析,假定沟渠系数、沟渠宽度、间距为三个变数 x_1 、 x_2 和 x_3 , 可以求得以 $r_{12.3}$ 表示固定 x_3 后, x_1 和 x_2 的偏相关系数; $r_{13.2}$ 为固定 x_2 后, x_1 与 x_3 的偏相关系数。在我们所采用的例子中

$$r_{12.3} = \frac{r_{12} - r_{13} \cdot r_{23}}{\sqrt{(1 - r_{13}^2)(1 - r_{23}^2)}} = 0.909$$

$$r_{13.2} = \frac{r_{13} - r_{12} \cdot r_{23}}{\sqrt{(1 - r_{12}^2)(1 - r_{23}^2)}} = -0.942$$

以上两个偏相关系数表示,耕地的沟渠宽度与沟渠系数有明显的正相关关系,沟渠间距与沟渠系数存在密切的负相关。这些分析说明,利用彩色红外航空象片进行沟渠面积系数扣除的方法也是可行的。

(二) TM 图象的应用

TM 图象在土地资源调查面积量算中的应用程度如何,一方面取决于它的空间分辨率和平面几何精度,另一方面取决于对土地资源调查精度的要求。根据《全国土地利用现状调查技术规程》要求,最小上图的耕地图斑面积为 4 毫米²,也就是说,最小图斑面积在 1:5 万地形图上相当于实地 15 亩;在 1:10 万地形图上相当于实地 60 亩。如前所述,在 1:10 万北京地区 TM 图象上,既然可以清楚地区分出线状地物及 10 亩左右的菜田、水体等地物,那么,可以认为, TM 图象能够满足 1:10 万比例尺土地利用现状详查精度的要求,部分地物的辨别能力可以满足 1:5 万土地利用现状调查精度的要求。

为了进一步研究 TM 图象在面积量算工作中的适用性,我们在经放大的 1:10 万北京市 TM 图象和 1:10 万北京地形图图纸上,分别选择 6 条不同方向的相应线段进行了比较,经初步分析, TM 图象的平面几何精度的中误差为:

$$M_{\text{中}} = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = \sqrt{\frac{5.65}{6}} = \pm 0.97 \text{ (毫米)}$$

这一结果表明,放大到 1:10 万的 TM 图象长度中误差大致相当于地面 97 米,这一平面几何精度,可以满足编制 1:10 万或更大比例尺专题地图的要求。

与此同时,我们在 1:10 万北京地区的 TM 图象上选择了四块图斑进行面积量测,并用皮尺进行了实地丈量。对比分析实地丈量数据表明,面积较大(百亩以上)、图斑边界清

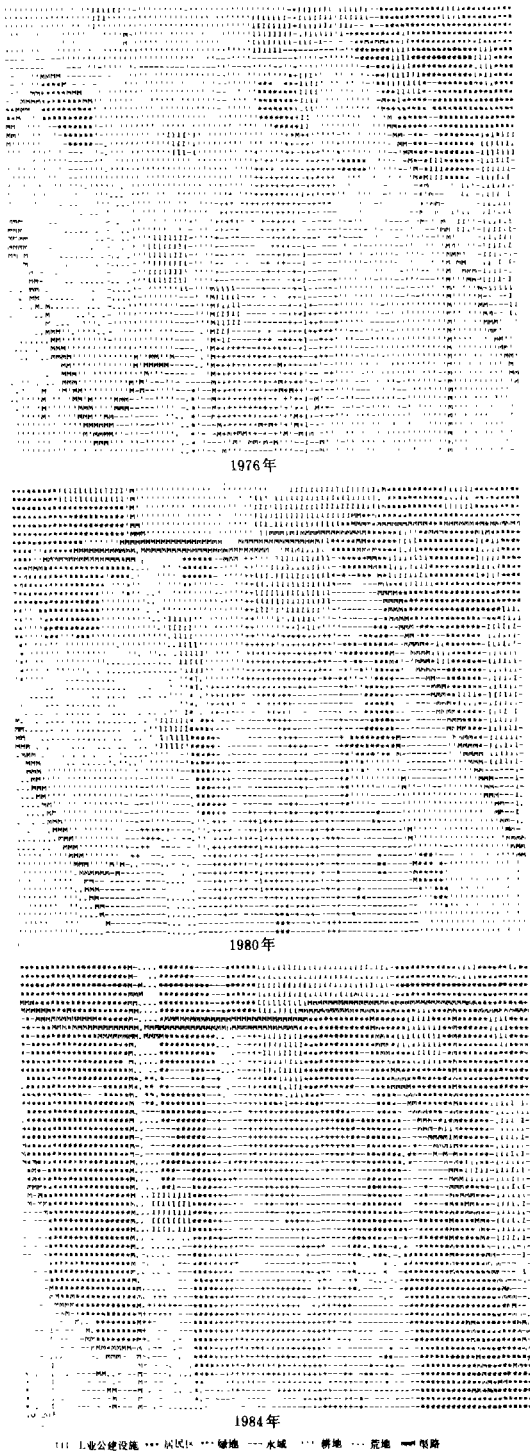


图 5 天津大学区三个时期土地利用变化图
 Fig. 5 The Land Use Change Map for Three

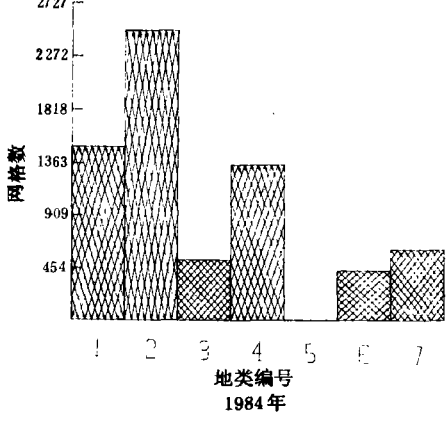
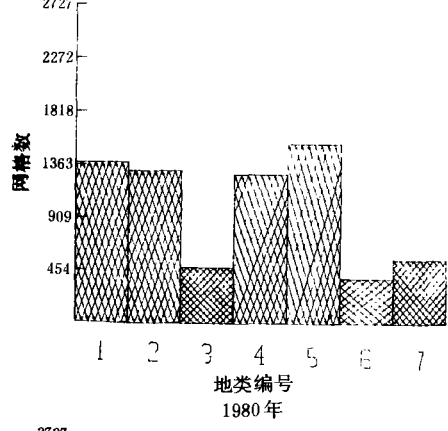
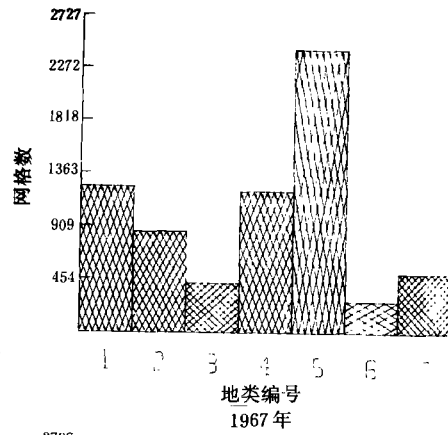


图 6 天津大学区三个时期土地利用
 变化统计直方图

Fig. 6 The Land Use Change Histogram for
 Three Period in Tianjin University Area

1. 工业建筑与公共设施, 2. 居民区, 3. 城市绿地,
 4. 水域, 5. 耕地, 6. 荒地, 7. 道路

晰的地块,用两种方法量测时,所得面积的相对误差较小,最小可达 1/64;反之,相对误差较大,四块图斑平均相对误差为 1/38。因此,可以认为, TM 图象在土地资源调查面积量算工作中的精度,完全可以满足 1:10 万土地资源调查的要求,部分地类的面积量算精度,可达 1:5 万土地资源调查的要求。

三、利用彩色红外象片和 TM 图象监测土地资源的动态变化

土地资源是人类生活和生产的基地,人类的活动,每天都在改变着土地利用的状况,尤其是东部沿海大城市地区的变化速度更快。为了及时掌握土地利用变化状况,为生产规划和管理提供科学依据,在一些重点地区土地利用现状详查完成以后,及时建立土地资源地理信息库是有必要的。为此,我们选择了天津市天津大学及其邻近地区约 17 平方公里的范围进行了这一探索性研究。为了反映出近几年内城市坑塘及道路的细微变化,网格单元实地大小选择为 50×50 米,利用的遥感资料有天津市测绘处根据 1976 年航摄资料纠正编制的 1:1 万影象地图,1980 年拍摄的 1:2.5 万的彩色红外航空象片和 1984 年 9 月获取并经局部放大到 1:10 万的 TM 图象。工作时,首先在 1976 年 1:1 万影象地图上划定研究区范围,并将区内每个公里网细分为 20×20 个网格,整个研究区共划分 $90 \times 77 = 6930$ 个网格,并以工业建筑与公共设施、居民区、城市绿地、水域、耕地、荒地和渠路 7 种土地利用类型对每个网格进行判读,将其判读结果,输入 PDP11/23 机助制图系统。其次在 1:2.5 万和 1:5 万地形图上标定研究区范围,并在图面上以 2.5 毫米和 1 毫米为间隔分别在区内建立起与 1:1 万地形图上相应的网格系统。然后,利用 ZOOM 转绘仪分别将 1:2.5 万彩色红外航空象片和 1:10 万 TM 图象转绘到 1:2.5 万和 1:5 万地形图的网格系统上,同样,以 7 种土地利用类型对每个网格进行判读,并根据已变化的地类特征,更新 1976 年资料中网格的内容,通过 PDP11/23 机助制图系统,统计运算,划出了三个不同时期该区土地利用变化的图件,并打印出了三个时期不同土地利用类型所占总体的百分比(图 5,6)。

从图 6 可知,天津大学区从 1976 至 1980 年四年中,居民点建筑用地以每年 10% 左右的速度增长,而 1980—1984 年的四年间,居民点建筑用地以每年 23% 的速度迅速扩展;而该地区的原有的二万五千亩耕地,前四年以每年 9% 的速度递减,后四年递减速度达到了 25%,到了 1984 年 9 月该地区的耕地消失殆尽,变成了居民地或其它建筑用地,或者成了堆放建筑材料的料场或荒地。

四、结束语

上述研究表明,在我国东部农业区,应用大比例尺彩色红外航空象片进行土地资源详查是可行的,而在我国北部和西部的畜牧业地区,则可以采用具有较高空间分辨率和光谱分辨率的 TM 图象,这样有利于加速调查的步伐。而且,随着我国卫星地面接收站的建

成,利用 TM 图象监测土地资源的动态变化,将对国民经济建设发挥更大的作用。总之, TM 图象在我国虽然刚刚开始应用,但已显示出它的优越性和广阔的应用前景, TM 图象的使用将使遥感应用工作发展到一个新的阶段。

参 考 文 献

- [1] R. Welch, H. C. Lo, and C. W. Pannell, Mapping China's New Agricultural Lands, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. XLV, No. 9, 1979.
- [2] Frederick, J. Doyle, The Next Decade of Satellite Remote Sensing, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. XLIV, No. 2, 1978.
- [3] 王长耀,刘纪远等,平原地区土地利用现状的航空遥感方法研究,自然资源,2,1984年。

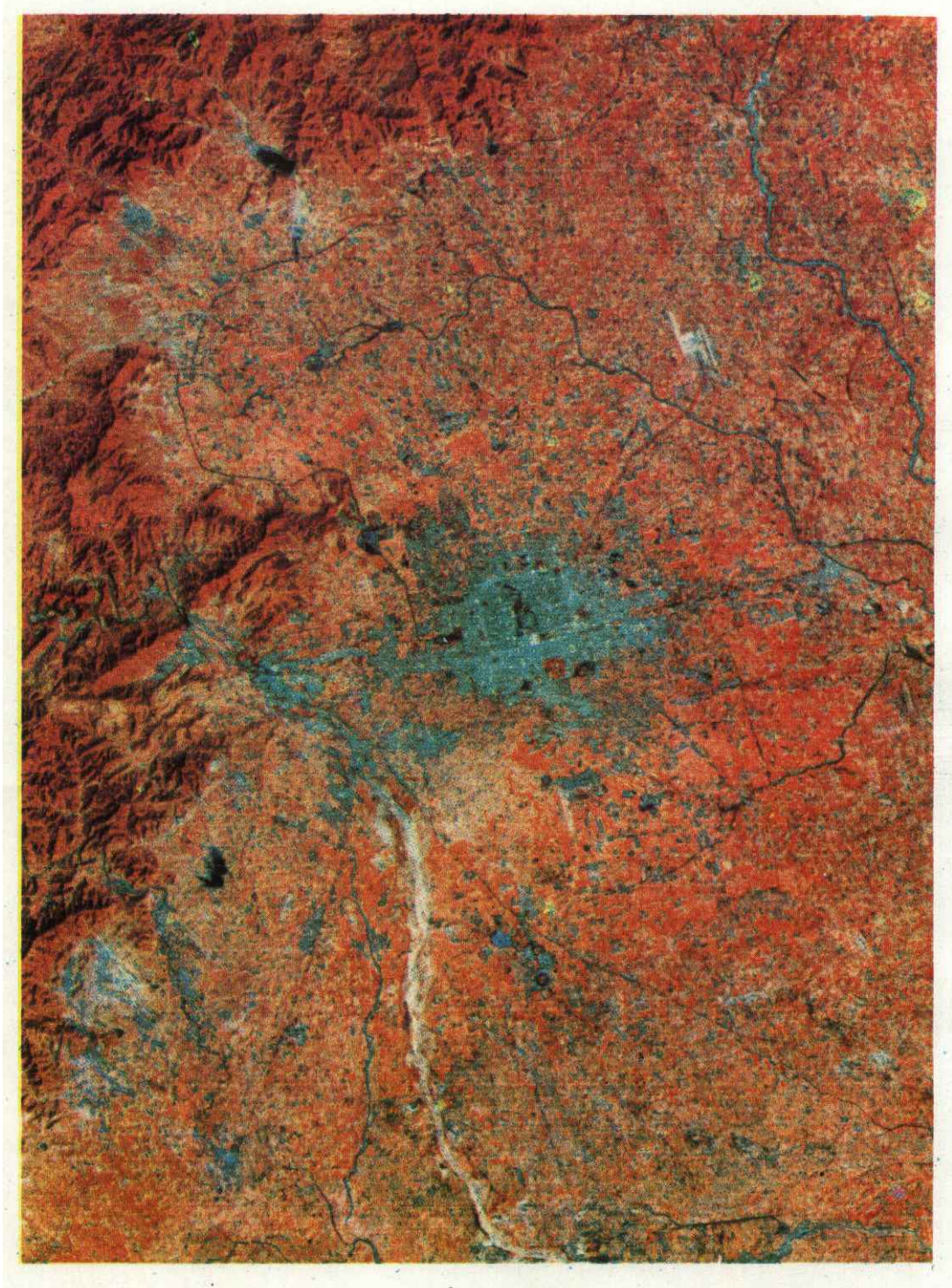
Application of Infrared Colour Air-Photo and TM Image on Land use Survey

Wang Changyao

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

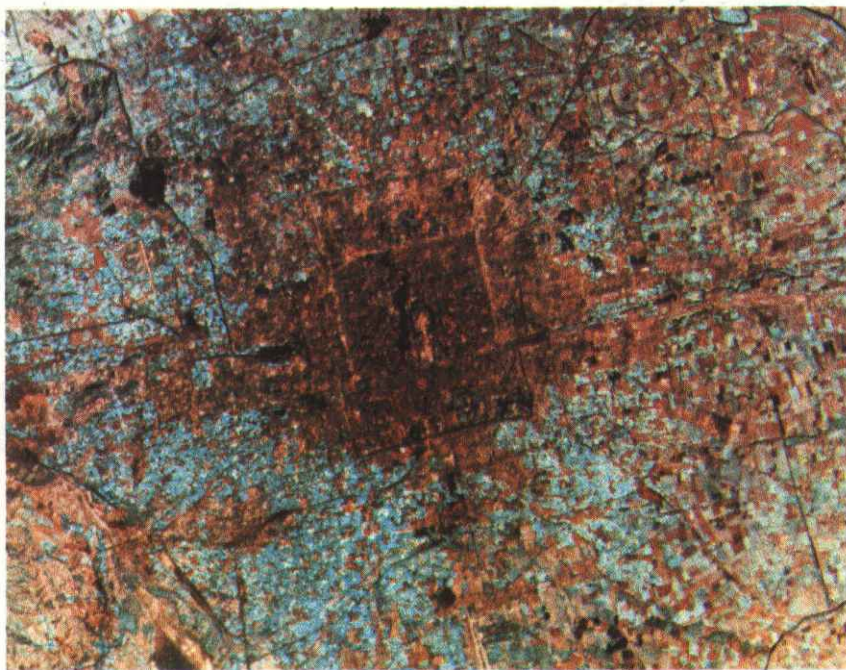
In the investigation of land use, we can recognize more categories of land use with the infrared colour air-photos than black-white panchromatic photos, according to the tone and the farming calendar. Meanwhile, we can measure the area of the canal in the field with infrared colour air-photos, depending on the obvious differences in the near infrared spectral values between vegetation and water body. Then data are corrected by way of the regression equation established by the field sampling, thus, much field work can be cut down in this way. Therefore the infrared colour air-photo is suitable for land use surveying in the eastern farming region. Through the analyses of the TM image in Beijing area, it is shown that the geometric resolution and spectral resolution of the TM image is better than that of MSS image. The ability for analysing the land use category in TM image is twice recognizable as much as that in MSS image. The analyses show that the TM image is suitable for the land use survey (scale 1:100000) in the north and west parts of China.



北京地区陆地卫星 MSS 假彩色合成图象



北京地区陆地卫星TM假彩色合成图象



北京市区陆地卫星TM似真色合成图象