

遥感信息与地理数据的复合研究

——以区域农业气候资源研究为例

王野乔 赵华昌

(中国科学院长春地理研究所)

1987年5月3日收稿

摘 要

本文从理论上探讨了将地理信息系统提供的地理数据与遥感数据复合的可行性;从方法上探讨了将 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、地形高程、年降水量三个影响和反映区域气候资源条件的主要指标,按一定的地面网格系统和数学模式进行量化,并使之与经过优化、压缩处理的陆地卫星 TM 数据进行信息复合;在应用上,以长白山南坡长白县境内的山区自然环境为例,进行了区域气候资源的研究工作。该研究方法改变了遥感影像的单一信息结构,丰富了图像信息含量,完成了地理数据的数字传输、处理、存储及影像化显示。实现了区域气候资源分类界限指标遥感判读的定量化。为提高遥感应用的地理科学性探索了新方法。

关键词 地理数据量化 TM 数据主成分分析 信息复合 气候区划

引 言

目前在遥感应用中广泛使用的图像处理方法是以前遥感数据的光谱特征为基础、以陆地卫星的多光谱数据为主要信息源的。由于自然现象本身的复杂性和随机性以及多光谱数据在解像力、分辨率上的局限性,这种单一信息源的分析方法,除了能直接反映地物的波谱特征要素外,与地学研究定量化的需要仍有一定的差距。例如,以往用遥感方法进行山区气候资源调查的过程中,往往利用植被的光谱特性,结合地学规律分析,对气候资源状况进行间接判读。这种方法对一些气候学的界限指标,不能在影像上做出定量化的表示,也不能从本质上反映出区域气候资源的内在因素。为了改变遥感多光谱数据的单一信息结构,丰富影像信息含量,提高遥感判读工作的地理科学性及精度,本文探讨了如何利用地理数据与陆地卫星 TM 信息复合,进行农业气候资源定量化研究的综合分析方法。

一、两种信息复合的设计

陆地卫星遥感数据是以 8 位二进制数记录在 CCT 磁带上,或以影像密度的形式记录在胶片上,反映了地面景物的光谱特征。地面采集的各种地理数据则是在一定的地学规律控制下,以较散乱的、多等级的、不同量纲的形式,按统计特征,反映了下垫面的实际自然状况。如何实现上述两种数据的转换,使地理数据与遥感数据兼容,是本研究的内容之

从原理上讲,模/数(A/D)转换实现了地物光谱数据的数字记录、传输、处理和存储。处理后的结果通过数/模(D/A)转换,再现地物的光谱特征影像。该原理对其它类型的

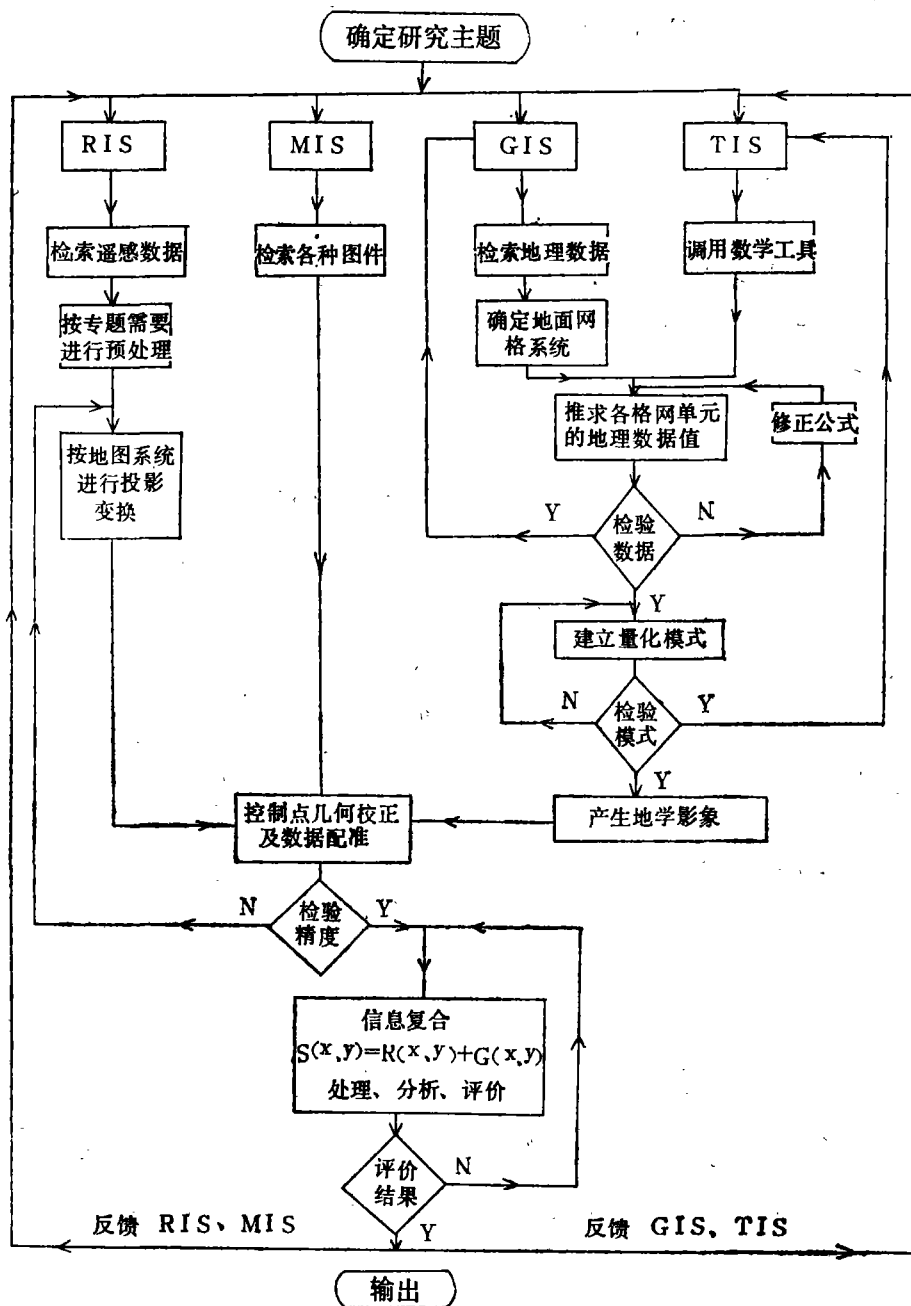


图 1 地学数据与遥感信息复合的设计及技术路线框图

Fig. 1 The sketch map of design and technic route for integrating

of geographic data and remotely sensed data

连续变化的地理函数是可以同样加以利用的。因此,该原理是我们对各种地理数据进行量化并使之影像化的基础。

依据上述原理,可将非遥感数据流——地理信息系统所提供的、反映某一专题内容或综合自然地理状况的各种地理数据,按一定的数学模式和地面网格系统进行编码,并将每一格网单元的编码数据进行量化,使其与遥感数据兼容,完成地理数据的影像化,产生地学影像 $G(x, y)$ 。有了 $G(x, y)$ 后则可以使其做为一个独立的波段,经过严格的几何校正及配准,与其它通道的遥感信息 $R(x, y)$ 复合:

$$S(x, y) = R(x, y) + G(x, y)$$

通过这种方式,将地理信息加到遥感光谱信息当中。可以预测由该设计思想所产生的综合信息 $S(x, y)$,在保留了反映地面宏观自然状况的地物光谱信息的基础上,加入了能较精确反映地面实况的地理信息。通过下垫面实测信息的反馈对遥感光谱数据加以调制。这有利于从发生学的角度,以影像的方式,使自然生态环境形成的内在原因和外在表现统一起来,提高判读的精度。

本研究的设计思想及主要技术路线如图 1 所示。

二、地学数据量化数字影像的生成

作为本设计思想的验证,我们选取位于长白山南坡长白县境内的十三道沟地区作为工作区,进行了气候学数据量化并与遥感信息复合,完成了区域农业气候区划的研究。

1. 工作区概况

该工作区位于 $E127^{\circ}30' - 128^{\circ}$, $N41^{\circ}20' - 41^{\circ}40'$ 之间。从海拔 450 米的鸭绿江谷地到 1500 米的熔岩台地,相对高差 1000 多米。地势起伏多变,下垫面差异状况较

表 1 工作区内 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温随高度的分布
Table 1 The distribution of $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature in different altitude of the working area

地 名	八道沟	长白镇	梨树沟	龙泉镇	二道岗	1616	天 池
海拔高度(米)	450	711	900	1100	1200	1600	2670
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)	2680	2264	1994	1801	1624	1235	117

表 2 工作区内年降水量的垂直分布
Table 2 The vertical distribution of the average annual rainfall in the working area

地 名	八道沟	十三道沟	十四道沟	二道岗	长白镇	气象站
海拔高度(米)	450	500	540	1200	711	1990
年降雨量(毫米)	780	709	622	694	603	978

大。导致了在较小的范围内, 气候类型的多样化。气候上突出的特点是各要素的垂直变化大。气温随山势升高而降低(表 1)。降水量随山势升高而增加。但山上山下的降水变化不呈递减, 亦不属同步。年降水量的垂直分布见表 2。由于长白县地处偏迎西南季风侧, 故降水由西向东渐减(表 3)。

表 3 工作区内年降水量沿不同经度的分布
Table 3 The distribution of annual rainfall along different longitude

地 名	八道沟	十二道沟	十三道沟	十四道沟	半截沟	二十道沟
经 度	127°15'	127°33'	127°47'	127°56'	128°02'	128°14'
海拔高度(米)	450	485	520	540	600	750
年降水量(毫米)	780	767	709	622	660	645

本工作选用 1985 年 5 月 14 日陆地卫星-5 TM(CCT) 七个波段的遥感数据。该工作区在 TM 影像上大约 896×896 个像元, 面积约 720 平方公里。研究中选用的部分工作区内外气候数据, 从在 IBM/PC 微机上用 dbase III 建立的气候数据库调用。地学数据的量化及图像处理工作在 VAX-11/750 计算机及 I²S S600 图像处理系统上完成。

2. 地理数据的采集与推求

对山地气候而言, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温、地形高程、年降水量是影响和反映其气候资源状况的重要因子。因此, 我们对上述三种数据进行了处理。为了使量化后的地理数据与多种遥感传感器数据兼容, 并考虑到所选取的地面网格系统的网格单元能够反映地面最小景观单元^[1], 这里选用 240 米 \times 240 米为单元的地面网格系统。

首先从 1:10 万地形图上, 参考 1:5 万地形图, 按 240 米为单元采集 112×112 (12544) 个高程点数据; 再根据工作区内外的临江、长白、天池气象站¹⁾及长白县境内 19 个气象观测点的数据, 分别求出 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温、年降水量随高度及经、纬向变化率, 整理后得到以下公式并用其对各格网单元的 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温、年降水量进行推求:

$$A_{ij} = 1812 - 1.134(h_{ij} - h_0) + i \times 0.076 (^\circ\text{C})$$

$$F_{ij} = 976 + 0.83(h_{ij} - h_0) + j \times 0.0196 (\text{毫米})$$

$$i, j = 1, 2, \dots, 112$$

式中 A_{ij} , F_{ij} 分别为各格网单元的 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温和年降水量的推求值; h_{ij} 为第 (i, j) 格网单元的高程值; h_0 为参考点高程值; i, j 分别为从参考点算起的各格网单元的经、纬向排列序数。为了减少在推求上述各量时产生的偶然误差, 对相邻各点采用下式进行平差:

$$X_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad n = 4$$

再将所求得各格网单元的 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温、年降水量及地形高程值用内插的方法进行量化, 转换为二进制数的 2^7 个灰度级。通过计算机处理产生三幅地学影像: 地形高程数字影

1) 临江气象站 (E126°55', N41°43', 海拔 332.7 米); 长白气象站 (E128°10', N41°20', 海拔 1016.7 米); 天池气象站 (E128°05', N42°01', 海拔 2620.30 米)

像 $E(x, y)$; $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温数字影像 $A(x, y)$; 年降水量分布数字影像 $F(x, y)$ 。这些地学影像与遥感数据是兼容的,可以参与与遥感信息的复合。

三、多波段遥感数据的优化

陆地卫星 TM 数据包含从可见光到热红外七个波段的信息 (0.45—12.5 微米)。当进行彩色信息提取时,通常是从 TM 原始多波段数据中,选用三个波段,或经过处理后,从中选取三个通道,按 R, G, B 配色加以显示。如前所述,若将地学影像作为一个独立的“波段”参与信息复合,在进行彩色信息处理时,则只能有两个通道的遥感信息可以被采用。我们期望通过信息处理,在有限的通道内,有效地反映多波段遥感数据的综合信息,用较少的通道负载原始多波段的信息含量,充分发挥多光谱数据的潜力。这就提出了遥感数据的压缩和优化的问题。

一景 TM 影像的不同波段之间,往往存在着很高的相关性,直观的感觉就是不同波段的影像非常相似,也表现为差值很小。尤其是 TM1, 2, 3 和 5, 6, 7 各波段之间这种高相关性更为突出。本研究采用的 TM 数据集中,1 波段与 2, 3 波段的相关性分别为 94.6% 和 87.8%, 5 波段与 6, 7 波段的相关性分别为 78.7% 和 95.7% (表 4)。这表明从提取有用信息的角度,在 TM 多波段影像中,有相当大一部分数据是重复的。因此,我们期望通过主成分变换的方法,把原始各波段中的有用信息集中到尽可能少的互不相关的组分影

表 4 TM 原始数据的相关分析及主成分变换结果
Table 4 The eigenvectors (principal components), eigenvalues and the correlation matrix of the TM (CCT) data set

主成分	主 成 分 矢 量							本征值*	占信息量的百分比 (%)	占信息量的累积百分比 (%)
	1	2	3	4	5	6	7			
1	0.241	-0.141	-0.206	-0.225	-0.669	-0.503	-0.359	0.825	82.5	82.5
2	0.339	0.120	0.043	0.344	-0.526	0.588	-0.359	0.092	9.2	91.7
3	0.247	0.051	0.260	-0.850	-0.185	0.268	0.172	0.048	4.8	96.5
4	0.364	0.324	-0.633	-0.224	0.167	0.510	-0.151	0.028	2.8	99.3
5	0.259	-0.113	-0.068	-0.201	-0.462	0.136	0.802	0.004	0.4	99.7
6	0.706	-0.008	0.637	0.015	-0.002	0.224	-0.218	0.002	0.2	99.9
7	0.261	-0.919	0.278	0.086	0.022	-0.030	-0.025	0.001	0.1	100
原始 TM 七个波段相关矩阵										
1	1.000	0.946	0.878	0.616	0.695	0.896	0.698			
2		1.000	0.934	0.682	0.736	0.833	0.767			
3			1.000	0.490	0.751	0.732	0.811			
4				1.000	0.604	0.655	0.477			
5					1.000	0.787	0.957			
6						1.000	0.739			
7							1.000			

* 本征值大小反映出各主成分分量所取得的方差占总方差的百分比

像中,使其信息冗余受到抑制,实现数据的压缩。

基于上述思想,对 TM 原始七个波段的数据进行主成分变换,结果见表 4。分析表 4,从总体信息含量的角度,第一、二两个主成分分量(PC1, PC2)已占有全部 TM 数据集方差的 91.7%,换句话说,已包含原始 TM 全部七个波段信息含量的 91.7%。前三个主成分分量已包含了全部信息含量的 96.5%。因此,从信息含量的角度,对本项综合信息研究而言,可以用前三个主成分分量进行专题判读而不致于有太大的信息损失。原始 TM 七个波段的信息在前三个主成分分量上的分布见图 2。

从图 2 分析可知,PC1 是原始 TM 各波段信息的加权和,其中以 TM6 波段(10.4—12.5 微米)的贡献为最大;PC2 中则以 TM7 波段(2.10—2.35 微米)的贡献为大。因此可以得出这样的结论:前两个主成分分量不仅综合反映了原始 TM7 个波段所含信息量的 91.8%,而且突出反映了地面的瞬时水热分布状况(TM6, 7),对区域气候资源的判读而言,起到了主导波段的作用。因此,可以将前两个主成分分量作为参与信息复合的遥感数据部分。

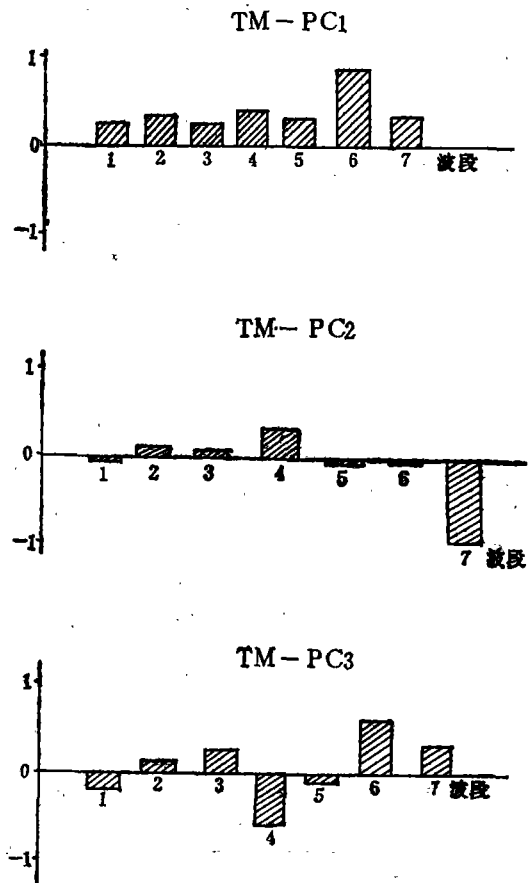


图 2 原始 TM 各波段信息在前三个主成分分量上的分布
Fig. 2 The loading or coefficients of the original TM bands on the first three principal components

四、地学影像与遥感影像的配准复合

为了准确地进行地学影像和遥感影像的复合,两者的配准是关键。首先要解决两者在空间分辨率上的匹配问题。TM 数据的空间分辨率为 30 米,而这里建立的地学影像是以 240 米为网格基础的,两者在空间分辨范围上存在较大的差距(30:240)。为了实现上述配准,首先对地学影像进行扩展处理,使其每个像元与 TM 影像的每个像元对应的地面范围相等。这种像元复制放大产生的影像在像元之间出现了斑块状过渡,为此我们采用 7×7 低通滤波器进行处理,达到了像元间的平滑过渡,改善了目视效果。处理后的地学影像则可参与与遥感信息的复合。

第二要解决两种数据配准的几何精度问题。本研究中地理数据的获取是以地形图为基础的,其数学基础是高斯-克吕格投影。而经过粗纠正的 TM(CCT)采用的是 UTM

投影,两者的数学基础不一致。另外遥感光谱数据在采集过程中,又受到传感器工作方式及遥感平台稳定性的影响,其几何精度受到一定的限制。为此首先对该 TM 影像按其像幅中心经纬坐标进行计算机高斯投影处理,使其与地形图有一致的数学基础。再从经过高斯投影变换后的 TM 影像和地形图上,对应选取 12 对地面控制点,进行控制点几何校正。经验证,校正后的影像与地形图的配准误差在一个像元以内,达到了两者的严格配准,保证了复合信息的精度。

五、地理数据与 TM 信息复合进行区域气候资源的定量化研究

在地学影像的生成过程中,对 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、地形高程和年降水量三种地理数据与其数字影像 $A(x, y)$, $E(x, y)$, $F(x, y)$ 中的像元数字值间建立了对应的数学关系,从而为气候学界限指标的定量化确定和影像化表示提供了可能。

这里我们以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为例进行探讨。对长白山区而言,由于高度而引起的积温变化往往反映在植被的物候变化和农作物的成熟程度分区上。研究表明,本区的农作物熟区一般以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 200°C 为界。粗略计算,海拔每升高 100 米, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温下降 $100-120^{\circ}\text{C}$ 。气候的垂直变化集中表现在几个不同高度的地形面上,如 600 米, 800 米, 1300 米等。此外,由于地形变化的影响,使气候资源的局部分异更加复杂。为了给气候资源分类界限的定量划分提供依据,我们选用 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温的 1400°C , 1600°C , 1800°C , 2000°C , 2200°C 为参照界限,找出 $A(x, y)$ 中与上述积温值对应的像元数字值(表 5)。

表 5 $A(x, y)$ 中像元数字值与 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温值的对应关系
Table 5 The corresponding relations between the digital counts in $A(x, y)$
and the $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature

$A(x, y)$ 中的像元数字值	20	40	60	80	100	120
$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温值($^{\circ}\text{C}$)	1207	1425	1644	1862	2078	2300

通过对表 5 的分析可以看出,像元数值每间隔 20,地面实际对应的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温值相差 218°C ,这与我们选定的界限指标大致吻合。因此,采用计算机自动识别方法,以地学影像 $A(x, y)$ 中像元的数字间隔 20 为阈值,对 $A(x, y)$ 进行等值识别和等值线处理,处理后的 $A(x, y)$ 影像(图版 I 图 3)不仅反映出定性的积温状况的变化趋势,也反映出定量的等值线分布,以影像和彩色的方式体现了地学规律的演变和界限指标的分布状况。然后将经过等值识别的 $A(x, y)$ 与 TM 主成分光谱影像进行复合。我们采用 PC1(R) , PC2(G) , $A(x, y)$ (B) 的方案进行信息复合及专题信息提取。

从影像效果上,经过主成分变换得到的 PC1 , PC2 改变了过去单一波段光谱影像的信息分布,综合反映了原始 TM 七个波段的有效信息。特别是 PC1 中对 TM6 波段及 PC2 中对 TM7 波段的反映,为研究气候资源提供了有效的信息。加入了 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温影像及其等值线后,可以看出等值线分布与地形条件及植被分布界限均有较好的吻合。特别是在沟谷地区,由地学影像等值识别得到的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温等值线,改变了传统气候学研究

方法中,等值线平滑过渡横跨沟谷的现象,反映出地形条件对积温的控制作用以及积温条件对植被分布的制约的地质规律(图版 I 图 4)。对年降水量的研究可作同样处理。

在此基础上,考虑到工作区地势、光、热、水资源中,热量条件对产量形成起主导作用。为此,以热量条件为主要指标,地势与水分条件为辅助指标,利用地学影像与 TM 信息复合,参照地学影像的等值线分布,结合传统气候学研究方法和野外考察,完成工作区的农业气候区划见表 6。

表 6 长白县十三道沟地区农业气候区划要素表
Table 6 The climatic resource regionalization of the
thirteenth valley area of the Changbai County

区划名称	代表点名称	海拔高度(米)	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温($^{\circ}\text{C}$)	年降水量(毫米)
I. 温和沿江河口阶地气候区	十二道沟, 十三道弯 十三道沟	500—600	2400—2600	700—850
II. 温凉河谷坡地气候区	鸭绿江谷地	600—800	2000—2400	750—900
III. 冷凉 岗地 气候区	III _a . 梨树沟, 宝泉山	800—1000	1800—2000	800—950
	III _b . 一面水、大顶子	1000—1100	1600—1800	800—950
	III _c . 沟谷坡地	1100—1200	1400—1600	850—950
IV. 高寒 山地 气候区	IV _a . 1200—1400 米山地	1200—1400	1200—1400	850—950
	IV _b . 1400 米以上山地	>1400	<1200	900—1000

为了验证本研究方法的优越性,我们将用此方法进行的区划与用其它方法(如常规气候学研究方法,和利用陆地卫星 TM, MSS 影像进行区划)对同一地区进行的区划加以对比。通过对比可以看出,利用陆地卫星 TM, MSS 影像结合常规方法进行的区划比只用常规方法进行的区划已有很大的进步,但做不到定量;而将地理信息与 TM 信息复合及处理后则解决了这个问题。这种方法包括了其它两种方法各自的优点。以陆地卫星光谱影像作为环境背景,以按专家意见建立的地学影像及其定量等值线作为定量判读的依据,作到了信息处理及图像判读的专家智能化。

结 语

地理数据与遥感光谱数据复合产生的新数据集,改变了以往遥感数据的单一光谱信息结构,丰富了图像处理的信息源。通过地理数据对遥感光谱数据的调制,可以以影像的方式,将地表自然资源状况的内在成因和外在表现有机地结合在一起,有利于从发生学的角度,系统客观地完成判读工作。该方法不仅对本研究中讨论的气候学数据,而且对其它地学数据也可以同样加以利用,来解决不易由常规遥感方法解决的问题。

参 考 文 献

- [1] 陈述彭、地理信息系统的探索与试验,地理科学, 3(4), 1983。
[2] 王文卿,长白山南坡农业自然条件与农业结构的决策分析,地理科学, 5(3), 1985。

The Study of Integrating Geographic Data and Remotely Sensed Data

—Take the Regional Agroclimatic Resource Study as an Example

Wang Yeqiao Zhao Hauchang

(Changchun Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

In theoretical, this article discusses the feasibility of integrating the geographic data supplied by geographic information system and remotely sensed data. In methodically, it discusses how the $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature, terrain elevation and annual rainfall, which were considered as three key factors to reflect the local climatic resource conditions, can be digitized according to a certain ground grid system, then integrated it with the LANDSAT TM data. In application, it takes the natural environment of Changbai County, which located in southern slope of Changbai Mountains, as working area and makes mountainous climatic resource study. The research results show that the research method changes the single spectrum information structure of LANDSAT remotely sensed data set; it realized the digital transmission and image display of geographic data; enriched the image information. In the climatic study, the quantitative boundary of different classes were realized and the accuracy of classifications were greatly improved.

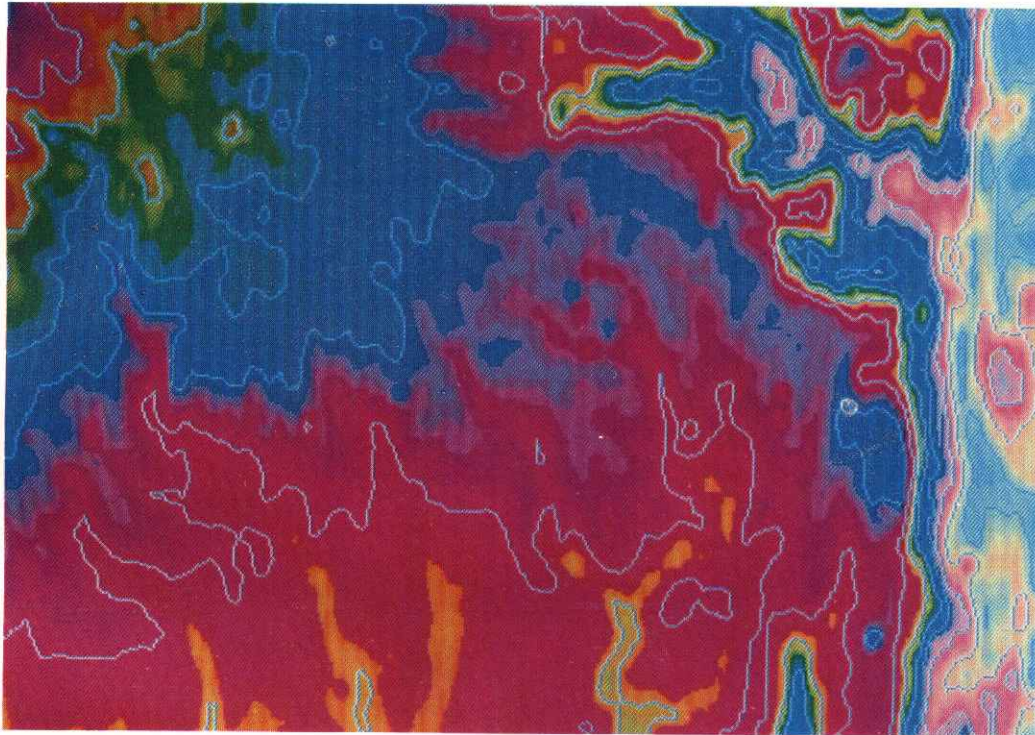


图3 经过等值处理和假彩色处理的 $>10^{\circ}\text{C}$ 积温影像

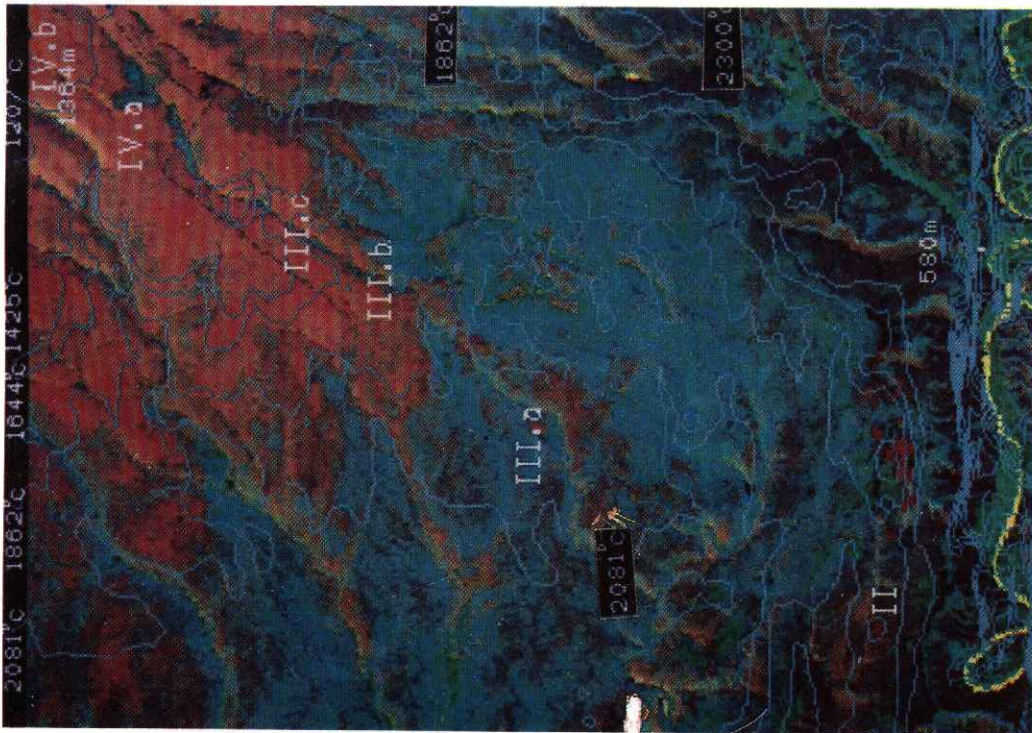


图4 等值处理后的 $>10^{\circ}\text{C}$ 积温影像与TM主成分影像的复合结果