

基于 GIS 的 TM 数据分类及辅助制图研究*

刘行华

(中国科学院遥感应用研究所)

1991年2月8日收稿

摘 要

本文初步研究了遥感、GIS 和制图一体化实用技术方法。对黄土丘陵区 and 沙漠地区 TM 数据进行了特征信息分析;给出了分层分类和 GIS 辅助分类结果;经模糊推理和人机交互修改,将提“纯”的遥感专题数据作为 GIS 的动态信息源,对 GIS 进行扩充与更新;最后在 GIS 支持下分层提取专题图并进行辅助制图。

关键词 地理信息系统 遥感 分层分类 模糊推理 辅助制图

一、引 言

遥感数据是 GIS 和专题制图的一个重要信息源。本文的研究重点在于如何快速精确地获取地物分类数据以及如何将三者有机地结合起来。作者从黄土丘陵和沙漠地区 TM 数据中提取土地利用等要素作试验,探讨信息特征分析、分层分类、GIS 辅助、模糊知识推理,人机交互修改等;然后,将分类数据与 GIS 中专题信息匹配,完成 GIS 的扩充与更新,确保 GIS 的动态性和现势性;最后专题分层提取和辅助制图。图 1 为工作流程。

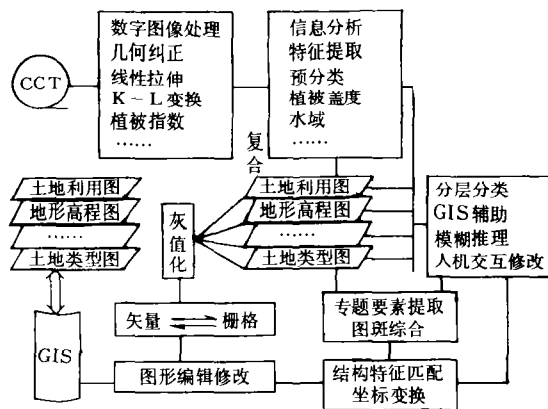


图 1 GIS 支持的 TM 数据分类及辅助制图流程
Fig.1 Flow chart of the classification and mapping of TM image supported by GIS

二、特征信息分析与提取

1. 信息特征分析

计算机分类时,常以统计判别模式进行处理,即以地物影像光谱特征的相似性作为判别标志。然而,由于环境参数(如地理位置、地形形态、太阳高度角等)的不同,地物光谱特征效应的差异及大气影响等,往往需要考虑波段优化组合与相应的信息量分析。

有作者曾引用 Sheffield 提出的 N 维熵值原理对 TM 信息特征进行分析,经演算得

* 研究中得到本所图像处理室朱重光、郑柯,地理所信息室池天河、田志刚等人大力帮助,谨此致谢。

出波段 3、4、5 组合最佳的结论^[1],其次是 1、4、5;4、5、7;3、4、7 等。5 波段信息最丰富;7、4、3、1 波段次之;4、6 波段信息独立性较大。

黄土高原丘陵沟壑区(安塞)和沙漠地区(榆林)TM 图像各波段分散度研究表明,其结果与上述结论相一致;波段 3、4、5 组合,分别赋予红、绿、蓝三色时,类似于真彩色。此时,黄土地区的梁峁沟谷等地貌类型界限清晰,水体突出,林草分明。4、5、7 组合,红色植被尤为明显。由于植被的水分含量差异较大,可以区分出槐树林、杂木林、草地、沟谷水流和水库^[2];沙漠地区植被覆盖率的区分,对沙漠化程度与等级的确定极为有利。

2. 信息增强与变换

黄土高原和沙漠地区植被稀疏,而且地形起伏,地表破碎,利用 TM 原始图像构成的光谱特征信息进行类型识别存在困难。研究中先将 TM 原始信息进行各种增强和变换,改善和调整影像中各类地物的光谱密度,达到最佳光谱效应,例如线性扩展后,林草植被之间的灰度差显著增大,槐树林和杂木林可以清楚地区分;沙柳、沙打旺和盐蒿都十分明显,沟谷和河流边界清晰。规一化处理,沟谷阴影中的树林可以提取出来,坡地上植被有不同层次的反映。主成份分析后,第一主成份占信息量的 86%左右,代表了地表大部分覆盖信息,这样可以减少数据处理量;其图像中粉红色作物的耕地和浅红色的裸地,浅绿色的草地及浅蓝色的林地都清晰可辨。

3. 特征信息提取

基于地物的光谱特征,将上述处理后的 TM 图像形成光谱层根据相似性原理进行聚类^[3],将影像中地物的光谱特征信息提取出来,生成地物光谱特征信息码,即分类标志。然后,结合航空彩红外像片,对比 1:10 万目视判读专题图件,形成适合于黄土丘陵沟壑区和沙漠地区的土地利用分类系统。考察上述两种不同地区的地貌类型,将 TM 图像 3、4、5 波段和 4、5、7 波段组合分析研究,得到两类不同地貌单元的土地利用计算机分类系统和特征信息表。它与人工目视解译分类系统的相应类别及含义完全一致^[4],而且更具特征表述,对将进行的 GIS 辅助分类、模糊推理及人机交互修改至关重要。限于篇幅,不再赘述。

三、分层分类及 CIS 辅助

1. 分层分类

遥感图像的监督分类中,最大似然法作为统计分类方法,要求地物光谱概率密度函数服从正态分布,即从选取的训练样区中求出各地物的平均光谱亮度值和协方差矩阵,进而确定标准函数。黄土高原和沙漠地区地形复杂,受环境影响严重,坡度、坡向所产生的阴影,使各类地物的光谱特征在影像上受到干扰;另外,某些地物混杂,光谱特征重叠,训练区中各类地物的光谱不“纯净”,其核心标志很难精确定义,例如灌草、林草、林灌等混生,居民地与林、灌、耕地以及其它地物交界处等,往往产生混分或错分。

分层分类在某种程度上能够改善分类精度。首先,将初始分类光谱层加上 6 波段热信息^[5]进行比值处理,重新调整不同坡向照度的差异^[6],抑制或消除阴影;然后,调整训练区,即将每类地物的分类中心分散取值,重建分类函数,限制或去掉混分错分像元,提取槐

树林、杂木林、杨树、沟旱地、坡旱地、河谷水流和水库等二级分类类别。表 1、表 2 分别为黄土丘陵区 and 沙漠地区分层分类混淆矩阵。

表 1 黄土丘陵区 TM 数据分层分类混淆矩阵

Tab.1 Mixed matrix of layer classification of TM data in the loess hilly land

频率(%) 实分类别	训练区类别							
	沟旱地	坡旱地	槐树林	杂木林	灌丛	草地	水域	未利用地
沟旱地	73.5						1.1	2.6
坡旱地		89.2				0.7		1.4
槐树林			71.4					
杂木林			11.7	74.7	3.3	3.6		
灌丛	1.7	2.4	5.2	4.6	79.2	9.4		
草地	9.4	3.5	2.3	2.1	10.7	82.8		4.1
水域							94.3	
未利用地	5.9	0.5				1.7	0.8	88.2
拒分类	9.5	4.4	9.4	8.2	6.8	1.8	3.8	3.7

表 2 沙漠地区 TM 数据分层分类混淆矩阵

Tab. 2 Mixed matrix of layer classification of TM data in the desert land

频率(%) 实分类别	训练区类别											
	水稻田	水浇地	菜地	果园	防护林	灌丛	草地	居民地	城镇工矿	道路	水域	未利用地
水稻田	85.1	1.7										
水浇地	8.9	91.1						2.7		3.6		
菜地			68.4									
果园				65.3			2.4					
防护林	3.1				84.2	11.4		6.4	3.1	7.7		
灌丛		1.3		10.9	14.1	83.3	7.7	9.7		6.3		
草地	1.3	2.5	10.6	17.1	1.2	3.8	83.6	1.6		5.4	2.1	9.5
居民地			2.7					78.1	6.4			
城镇工矿			9.9						81.8			
道路	1.0							0.9		74.1		
水域									6.7		94.6	2.6
未利用地							1.5				0.2	73.7
拒分类	0.6	3.4	8.4	6.7	0.5	1.5	4.8	0.6	2.0	2.9	3.1	14.2

2. GIS 辅助分类

GIS 作为空间数据分析和处理的有效工具,不仅为地学领域开劈了广阔的应用前景,而且也为遥感应用提供了良好的环境。遥感数据分类时,能充分利用 GIS 中的辅助信

表 3 黄土丘陵沟壑区 TM 数据 GIS 辅助分类混淆矩阵

Tab. 3 Mixed matrix of GIS-aided classification of TM data in the loess hilly land

频率(%) 实分类别	训练区类别							
	沟旱地	坡旱地	槐树林	杂木林	灌 木	草 地	水 域	未利用地
沟旱地	88.7						0.8	
坡旱地		90.2						
槐树林			80.3					
杂木林			6.9	81.5				
灌 木			3.1	4.2	82.4	6.3		
草 地	2.6	2.2			7.2	85.8		3.3
水 域							95.1	
未利用地	2.1							86.6
拒分类	6.6	7.7	9.7	14.3	10.4	7.9	4.1	8.3

表 4 沙漠化地区 TM 数据 GIS 辅助分类混淆矩阵

Tab. 4 Mixed matrix of GIS-aided classification of TM data in the desert land

频率(%) 实分类别	训练区类别											
	水稻地	水浇地	菜地	果园	防护林	灌丛	草地	居民地	城镇工矿	道路	水域	未利用地
水稻地	90.3				4.1							
水浇地		92.1						2.9		2.4		
菜地			76.7									
果园				74.5								
防护林	1.4				86.6							
灌 丛				7.1		88.3						
草 地			8.2	4.9			85.2					
居民地								82.6				
城镇工矿									85.7			7.6
道 路										80.1		
水 域											95.4	
未利用地												80.8
拒分类	6.3	7.9	15.1	13.4	9.3	4.9	9.4	14.5	9.9	17.5	4.6	11.6

息,改善分类精度。

GIS 信息的引入,通常是将专题信息灰值化,如 DTM 的高程、坡度、坡向等;水系、道路、行政边界、居民地等影像。并且将这些影像转换成与 TM 分类数据相同的栅格格式进行复合。

地形参数的引进,有效地制约和抑制了单纯依靠光谱信息进行分类的缺欠^[9],最大限度地消除阴影。GIS 中土地利用专题要素灰值化前,须按 TM 数字分类系统对其进行图斑综合和类型合并;同时,将两者比例尺调整一致。复合后再次分层,将小块图斑和混杂地物区分开。

TM 图像中线性地物如水系,道路信息往往被夸大,且表现为复合型,分类时特别容易混分和错分。从 GIS 中提取这些专题要素,复合在 TM 分类图上,构成分层信息^[9]。表 3,表 4 分别为黄土高原丘陵沟壑区和沙漠地区 GIS 辅助信息分类后的混淆矩阵。实践证明,GIS 辅助分类,不仅能提高分类精度,而且能提高可靠性。

四、模糊推理和人机交互修改

1. 模糊推理

分类可以是一种模糊模式识别,即分类标准带有模糊性,评判分类指标也是模糊的。因此,分类就是评判分类类型与专家标准的贴近程度^[9]。

通常,一个类型有几个特征便有几个隶属度(U_i),而每个特征在专家的经验评判中起的作用不同,即权数(W_i)不一致,当某一类满足一定的阈值(M)时便可使用择近原则进行归类^[9]。

首先,将每类类别进行分解说明,构成层次概念模型,即树状关系图(图 2)。其中各因素表示为子节点,且用状态值 $[0,1]$ 描述。推理时因素满足愈多,得分愈多,其隶属度愈大。

然后,根据隶属度矩阵 U ,权矩阵 W 计算最贴近函数。

将 GIS 辅助分类后的 TM 数据进行模糊评判,对混分、错分和未分类的像元进行推理,得到两幅新的分类图像。

2. 人机交互修改

为了使黄土丘陵沟壑区和沙漠地区各种稀疏地物得到充分表述,同时将上处理后所剩的混分、错分及不确定像元进行归并和判别,必须结合专家们的先验知识,模拟目视判读思维过程,以拭探方式对分类数据进行辅助修改。

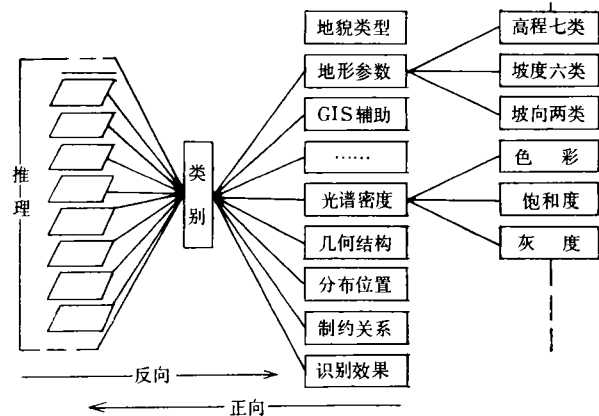


图 2 概念层次模型推理网络之一
Fig. 2 Reasoning network based on the conceptual hierarchical model

首先,进行图斑综合。对不同地物选择不同的滤波阈值(如河流、道路为 1 个像元),即线状地物加权处理。然后,将 TM 分类数据经去噪音、边值提取、格式转换传递到图形终端或图形工作站,试修修改分类图斑。或者直接在带有图文生成器的视频图像编辑系统上修改。其方式可采用局部分块或线段选择。处理时结合专业人员所掌握研究区的地貌类型、地形形态、地物界限和相邻地物间的关系等。便于输出对模糊推理和交互修改后的图像断面作了类别综合,并以 1:10 万比例尺为基础进行了调整,即小面积最大限差为 6 个像元。

五、GIS 更新和辅助制图

1. 分类数据更新 GIS

GIS 中数据的动态性和现势性要求对陈旧过时的数据内容(如植被覆盖、土地利用现状等)进行扩充和更新,经前面处理的遥感数据能够作为 GIS 的动态信息源。

1.1. 图形图像匹配

数据库入库前,在高分辨率彩色图像监视器上用图形数据匹配图像数据,须将 GIS 中的专题图矢量数据转换成栅格数据,其格网尺寸视图像像元大小而定。同时,在两种图像上选择控制点。TM 分类图像数组里用行坐标和字节坐标(x_i, y_i)来确定。然后,根据用户的具体要求,套上行政边界,经纬网或者高斯-克吕格坐标,最后进行匹配计算,并按 GIS 的投影方式坐标变换。

1.2. 数据入库

数据入库表现为一种图像映射,即将前述方法处理过的 TM 分类专题图组 A 投影到 GIS 中相应的层面 B 上。重新采样时,通常只需要将控制点坐标和网格坐标变换到 GIS 中相应的位置上,其它像元内插。然后,将网格数据转换成矢量数据,经编辑修改后自动准确入库。如果需要进行动态分析,应将不同时相数据在 GIS 中建立层次模型。

此时,应消除图像数据坐标变换和数据传递过程中产生的累积误差,增强 GIS 对数据探测和误差检测的能力。

2. 专题分层提取

GIS 中地物类别(如土地利用现状等)表现为一种复合体时,针对具体用户和专业部门,常常需要使用本领域详细精确的数据和图件。所以应将 GIS 中的信息分层提取。同时,这种分层表达的数据便于模型分析。

3. GIS 支持的辅助制图

GIS 作为空间数据处理和分析的有效工具,为地学领域开辟了广阔的应用前景。经综合修改处理的 TM 分类数据进入 GIS 后,一方面用于扩充和更新信息系统,另一重要方面是用它进行常规管理、模型分析、动态监测、规划决策和辅助制图等。

图 3 是 GIS 支持的专题分层提取和辅助制图过程,包括分层、图形设计、中英文注记、文字说明、编辑处理等工序。根据不同的用户要求和人们的习惯俗成等原则,将所需的专题影像图、文字符号图和线划图通过彩显、打印、拷贝和绘图等输出,其产品考虑自然环境、社会经济和发展规划等因素,分层次、分类型地提供,以利于工程设计、经济规划和

管理决策部门使用。

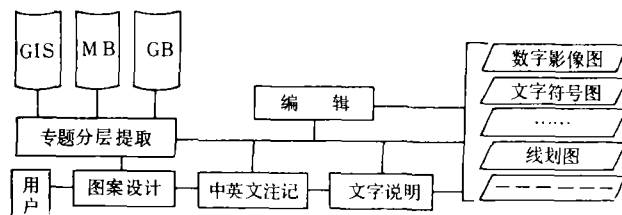


图 3 专题分类与辅助制图

Fig. 3 Thematic layer and mapping supported by GIS

六、结 论

1. 丘陵沟壑地区和沙漠化地区 TM 数据特征信息分析表明, 波段 3、4、5 组合最佳, 1、4、5 次之;
2. 分层分类和 GIS 辅助分类能将上述地区 1:10 万分类精度提高到 80% 以上;
3. 特征信息提取有利于模糊推理;
4. 模糊推理和人机交互修改既可提高分类精度, 又能增强其可靠性;
5. 遥感信息不仅能够扩充和更新 GIS, 而且可以在 GIS 支持下专题分层提取和快速辅助成图。这种方法和手段的不断完善, 将发展为一种非常实用的技术。

参 考 文 献

- [1] 戴昌达等, TM 图像的光谱特征和最佳波段组合, 环境遥感 4(4), 282--292, 1989。
- [2] 王长耀, 陆地卫星 TM 数字图像增强方法的试验研究, 黄土高原遥感调查试验研究, 科学出版社, pp. 255--260, 1988。
- [3] 边肇祺, 模式识别, 清华大学出版社, 1988 年。
- [4] “三北”防护林遥感综合调查技术规程, 林业出版社, 1988 年。
- [5] 王长耀, TM 数据分层分类试验研究, 黄土高原遥感调查试验研究, 科学出版社, pp. 265--270, 1988。
- [6] 边馥苓等, 航天遥感信息作为 GIS 更新信息源的研究, 黄土高原(重点产沙区)信息系统研究, 测绘出版社, pp. 202--211, 1988。
- [7] 胡德永等, 用于土地利用分类的计算机复合分层分类方法, 环境遥感 4(4) pp. 249--256, 1989。
- [8] 莫元彬等, 围岩类别的模糊综合评判中不确定性推理, 知识工程进展, 中国地质大学出版社, 1988 年。
- [9] 邹开其等, 模糊系统与专家系统, 西南交大出版社, 1989 年。

A Study on Classification and Mapping of TM Data Supported by GIS

Liu Xinghua

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

Based on the analysis of TM imagery covering the loess hilly land and desert land, layer classification and GIS-aided classification have been carried out respectively. After fuzzy reasoning and interactive editing of the classification results, the "pure" remote sensing thematic data can be used as the dynamic information source for updating of GIS data-base, and mapping activities can be done with the help of GIS.

Key words Geographical Information System Remote Sensing Layer Classification Fuzzy reasoning Mapping