

黄土高原地形复杂区土地利用信息提取方法研究

梁伟¹, 杨勤科¹, 刘咏梅^{1,2}

(1. 西北农林科技大学水土保持研究所, 中国科学院水利部水土保持研究所, 杨凌 712100; 2. 西北大学城市与资源学系, 西安 710069)

摘要: 引入影响土地利用类型分布的坡度数据和对植被覆盖反应敏感的归一化植被指数, 以延河流域为研究区域, 参考已有的土地利用数据, 对地形复杂地区的土地利用信息提取方法进行了研究。结果表明, 以监督分类和非监督分类为基础, 辅以坡度信息并利用分区和多步骤信息提取方法进行土地利用信息提取, 能在一定程度上提高分类精度, 研究结果对建立地形复杂地区实用性强的遥感影像分类技术体系具有一定的参考价值。

关键词: 遥感; 坡度; 土地利用; 延河流域; 分区; 多步骤

中图分类号: TP 79 : S 127 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2006)03-0056-05

0 引言

土地利用方式是影响水土流失的重要因素之一, 进行水土流失动态监测与预测预报离不开土地利用信息。目前, 比较成熟的计算机自动分类方法是以光谱特征为基础的监督分类与非监督分类^[1], 现有的新分类方法如神经网络分类法^[2-6]、专家系统分类方法^[7-9]和决策树分类法^[10-11]等都是小范围试验基础上研究得来的, 不是算法不成熟就是成本太高, 这些方法在大区域范围内的应用及推广还存在一定的困难。黄土高原丘陵沟壑区地形十分破碎, 地物的光谱特征非常复杂, 存在大量的异物同谱、同物异谱和阴影现象。在该地区, 在小范围实验基础上, 利用监督或监督与非监督相结合的方法提取土地利用信息取得了较为满意的结果, 但在大区域范围内仅仅利用该方法则很难满足精度需求。因此, 在现有遥感信息提取方法的基础上, 提高地形复杂地区信息提取精度, 对水土流失动态监测与预测预报具有重大意义。

本研究以延河流域为研究对象, 针对延河流域地貌特征和地物光谱特征, 将水土保持专业知识与遥感技术相结合, 采取先分区后分类最后合并的复合分类方法, 并借助于GIS知识, 逐步提取土地利用信息, 大大改善和提高了分类精度。研究结果对建立地形复

杂地区实用性强的遥感图像分类技术体系具有一定的参考价值。

1 研究区概况与数据源

1.1 研究区概况

延河流域位于东经 108°30' ~ 110°30', 北纬 36°00' ~ 37°30' 之间, 属于大陆性气候, 是重要的雨养农业区。该地区是典型的黄土丘陵沟壑区, 其流域面积约为 7 725 km², 全流域内 7 000 多条支、主沟纵横切割, 地表形态破碎, 水土流失严重, 流失面积占流域面积的 88.9%, 是我国水土保持的重点地区, 以该区为研究区域可以有效地测试研究方法。

1.2 数据源

研究应用了 1997 年夏季的 TM 影像(共 3 景, 已经过粗校正), 1:5 万 DEM、2000 年的土地利用现状矢量图及延河流域边界图。将影像数据和地理辅助数据经几何配准后校正到 ALBERS 投影下, 进行拼接、裁剪得到研究区完整影像。

2 图像处理

2.1 NDVI 的选择与计算

TM 各波段图像的解译能力有限, 在信息提取过

程中,除了充分利用 TM 原始波段数据外,还计算了 NDVI 植被指数。NDVI 具有波段比值特性,可以在一定程度上消除地形起伏和地物阴影的影响,从而增强遥感图像的解译能力,其计算公式为 $NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$ 。

2.2 坡度的选择及提取

延河流域破碎的地形导致了大量的同物异谱和异物同谱现象,在 NDVI、TM5 和 TM2 彩色合成图像上,分别对平耕地、坡耕地和低覆盖度草地进行采样,并绘制其灰度值分布图(图 1)。

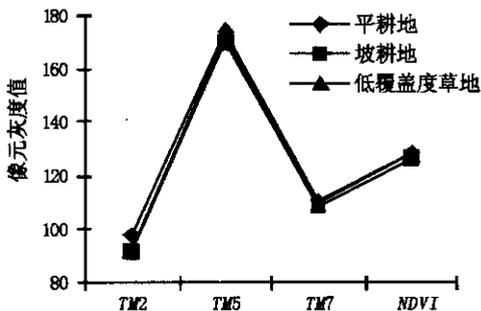


图 1 平耕地、坡耕地、低覆盖度草地像元灰度值分布

由图 1 可知,坡耕地与平耕地、低覆盖度草地与平耕地等地类之间的光谱特征相近或相同,但所处的坡度不同,因此,可将坡度作为信息提取的辅助数据。

2.3 TM 波段选择

基于地物可分性的波段选择方法针对性强,所选波段更有利于地类的区分,因此,利用该方法进行波段选择。对典型地类进行采样,并计算出两两地类间的灰度差值(表 1)。

表 1 两两地类间灰度差值

典型地类	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
河流-平耕地	3.570	6.461	7.148	21.539	43.021	27.977
河流-坡耕地	8.529	14.674	15.616	23.974	54.849	36.221
河流-果园	1.233	1.110	6.031	19.849	44.109	24.286
河流-牧草地	0.487	1.050	0.370	15.178	33.447	17.403
河流-林地	18.201	31.496	32.122	12.643	28.112	37.526
河流-居民地	1.977	8.818	9.812	10.68	11.092	4.640
平耕地-坡耕地	4.959	8.213	8.468	2.435	11.828	8.244
平耕地-果园	4.803	5.351	1.117	1.69	1.088	3.691
平耕地-牧草地	4.057	7.511	7.518	6.361	9.574	10.574
平耕地-林地	21.771	37.957	39.270	8.896	71.133	65.503
平耕地-居民地	5.547	15.279	16.96	32.219	54.113	32.617
坡耕地-果园	9.762	13.564	9.585	4.125	10.74	11.935
坡耕地-牧草地	9.016	7.511	15.986	8.796	21.402	18.818
坡耕地-林地	26.73	46.170	47.738	11.331	82.961	73.747
坡耕地-居民地	10.506	23.492	25.428	34.654	62.249	40.861

万方数据

续表

典型地类	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
果园-牧草地	0.746	2.160	6.401	4.671	10.662	6.883
果园-林地	16.968	32.606	38.153	7.206	72.221	61.812
果园-居民地	0.744	9.928	15.843	30.529	55.201	28.926
牧草地-林地	17.714	30.446	31.752	2.535	61.559	54.929
牧草地-居民地	1.490	7.768	9.442	25.858	44.539	22.043
林地-居民地	16.224	22.678	22.310	23.323	17.020	32.886

显然,在 19 个最大灰度值差值中,有 16 个在 TM5,1 个在 TM7,2 个在 TM2。TM2、TM5 和 TM7 是分类不可缺少的波段,因此,选择 TM2、TM5、TM7 和 NDVI 4 个波段进行信息提取。

3 土地利用信息的自动提取

3.1 土地利用分类系统的确定

在中小比例尺、较大区域水土流失评价研究中,我们更关心的是植被及土地利用方式对水土流失和水土保持的影响。所确定的土地利用分类系统不仅要反映土地利用现状和地域分布规律,还要从水土保持的角度考虑,为区域环境研究和土地的合理利用方向提供依据;同时,还要考虑到地类的可解译性。因此,本文通过分析土地利用类型与水土流失之间的关系^[12,13],依据为生产服务的原则,考虑到遥感影像的可解译性,总结有关研究结果并在试验分析的基础上,参考修订后的《土地利用现状调查技术规程》,初步拟定了延河流域水土流失土地利用分类系统。该系统共划分了 6 个 1 级地类和 4 个 2 级地类(表 2)。

表 2 延河流域土地利用分类系统

1 级分类系统		2 级分类系统		含 义
代码	名称	代码	名称	
1	耕地	11	平耕地	坡度在 3° 以下的耕地,包括川地、台地、梯田等
		12	坡耕地	
2	园地	21	果园	种植果树的园地
3	林地	31	乔木林与灌木林	郁闭度 > 10% 的林地和覆盖度 > 10% 的灌木地
4	牧草地		生长草本植物为主,用于畜牧业的土地	
5	居民地、工矿与交通用地			居民点及工矿、国防、名胜古迹等企事业单位用地,各种道路及附属设施和机场
6	水域			包括河流、湖泊、水库、坑塘等

3.2 信息提取方法

坡耕地与牧草地存在区域上的异物同谱现象,

如果不划分子区,必然会导致分类精度降低,坡耕地与平耕地、平耕地与牧草地存在异物同谱现象,但因其坡度不同,我们将用坡度加以区分。由于异物同谱现象的存在,不同地类间相互影响,同时提取会降低提取精度,因此,分步骤逐步进行信息提取。

低提取精度,因此,分步骤逐步进行信息提取。

3.3 土地利用信息自动提取

首先,按照遥感影像光谱特征的分异情况将遥感影像划分为4部分,分别对其进行分类(图2)。

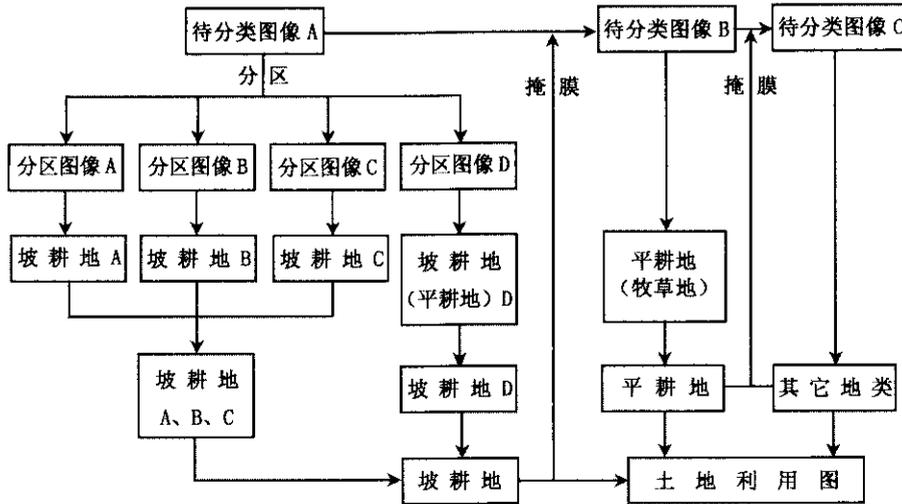


图2 土地利用信息提取流程

3.3.1 坡耕地信息提取

如图2所示,首先,利用ISODATA算法对分区图像进行非监督分类,并判断每一类的属性,对存在混分现象的类别进行删除;然后,利用最大似然法进行监督分类,利用报警掩膜法检验分类模板,最后,得到坡耕地分类结果图。

3°的地类为坡耕地,小于3°的为其它地类,得到坡耕地专题图。

利用图像拼接功能将4部分坡耕地专题图合并得到完整的坡耕地专题图,然后,利用该专题图对待分类图像A进行掩膜,删除坡耕地对应的图像部分,得到待分类图像B,用于提取平耕地信息。

分类结果图“坡耕地(平耕地)D”中混有平耕地,在ERDAS IMAGINE 8.4建模模块下,利用坡度信息剔除其中混有的平耕地,方法如下:

3.3.2 平耕地信息提取

由于平耕地不存在区域上的异物同谱现象,因此,没有必要进行分区,只需对待分类图像B进行非监督分类与监督分类即可,同时利用坡度信息将其与牧草地分开(图3),并利用平耕地分类图对待分类图像B进行掩膜,剔除其对应的图像部分,得到待分类图像C。其分类过程、区分方法和掩膜方法同坡耕地类提取方法相似。

首先,将分类结果图进行编码,使坡耕以外的地类属性值为零;然后,建立区分模型(图3)。

3.3.3 其它地类信息提取

对待分类图像C进行非监督分类,然后进行监督分类,并利用可能性矩阵评价分类模板(表3)。

分类模板精度低于85%时就要重新定义分类模板。从表3可以看出,在880个应属于果园的像元中,有96.70%的像元属于果园,0.23%的像元属于乔木林与灌木林,0.45%属于阴坡牧草地,2.39%属于阳坡牧草地,果园分类模板符合精度需求。其它地类中分类模板精度最低的是86.57%,都符合精度需求,因此,可以用来进行监督分类,最后得到分类结果图。利用图像拼接功能将所有地类叠加,得到研究区完整的分类图像。

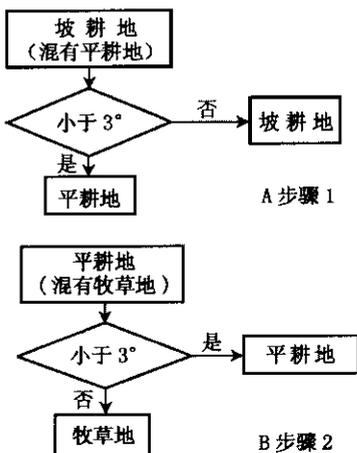


图3 坡耕地与平耕地以及平耕地与草地的区分

3°是土壤侵蚀的一个临界坡度值^[14~17],小于3°,地表平坦,基本无水土流失。因此,坡度大于等于

表 3 分类模板评价误差矩阵

类	参考数据/%					
	果园	乔木林与灌木林	牧草地(阴坡)	牧草地(阳坡)	水域	居民地、工矿与交通用地
分类数据/ %	96.70	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00
果园	0.23	98.81	0.75	0.22	0.00	0.12
乔木林与灌木林地	0.45	0.18	89.43	5.38	1.31	7.38
牧草地(阴坡)	2.39	0.59	5.98	93.12	0.00	0.00
牧草地(阳坡)	0.23	0.30	0.43	0.22	86.57	3.23
水域	0.00	0.12	3.42	0.11	12.13	89.27
居民地、工矿与交通用地	880	1 682	937	930	536	1 612
像元总数/个						

3.3.4 精度评价

在 ERDAS IMAGINE 软件下,采用随机抽样法选取样点 256 个,其中每一类样点数不少于 10 个。以野外调查数据作为参考,输出分类精度统计信息(图 4)。这里,将本文所用的方法称为改进的分类方法。

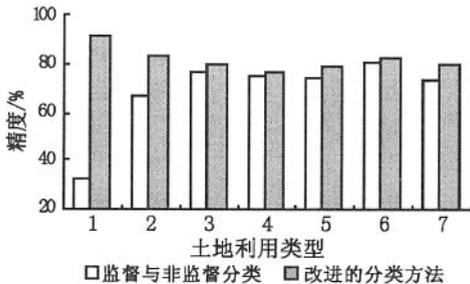


图 4 改进的分类方法与常规分类方法精度对比
1 - 平耕地; 2 - 坡耕地; 3 - 果园; 4 - 乔木林与灌木林;
5 - 牧草地; 6 - 水域; 7 - 居民地、工矿与交通用地

从图 4 得知,各土地利用类型的分类精度都得到了提高,其中,平耕地和坡耕地分类精度提高明显,原因是利用地理信息知识在一定程度上避免了平耕地与坡耕地的混分现象,其误差的主要原因是一部分平耕地和坡耕地被分到了林地与草地当中,尤其是坡耕地,因为除了坡耕地与牧草地在区域上存在异物同谱现象外,还存在无规律的异物同谱现象。果园、水域、居民地、工矿用地与交通用地的精度次之,产生误差的原因是水体与居民地、工矿用地与交通用地存在异物同谱,它们之间出现了混分现象。牧草地、乔木林与灌木林的精度最低,产生误差的原因是,乔木林与灌木林、牧草地出现了混分现象。利用 GIS 知识只能在一定程度上提高分类精度,复杂的地物光谱导致混分现象在所难免。

4 结论

(1) 在地形十分破碎的黄土高原地区,坡度和高程等地形因子是提高信息提取精度的有效辅助信

息。本文以延河流域为研究区,根据地物光谱特征采取相应的分区措施,把延河流域划分为 4 个区,分别进行信息提取,并引入坡度作为分类辅助数据,此外,为避免地类间的相互影响而降低信息提取精度,分步骤进行信息提取,分类精度得到了明显提高,总精度达到了 80.47%,经过坡度信息校正,坡耕地和平耕地分类精度分别达到了 83.13% 和 90.91%。实例研究证明了该方法的正确性。研究结果对建立地形复杂地区实用性强的遥感影像分类体系具有一定的参考价值。

(2) 如何充分利用地理信息系统提供的丰富地理辅助数据,并融合多尺度、多时相的遥感数据完成遥感影像的专题信息自动提取,是进一步的研究方向。

参考文献

[1] 李石华,王金亮,毕艳,等. 遥感图像分类方法研究综述[J]. 国土资源遥感, 2005(2): 1-6.

[2] 毛建旭,王耀南. 基于神经网络的遥感图像分类[J]. 测控技术, 2001, 20(5): 29-32.

[3] Chen K S, Tzeng Y C, Chen C F, et al. Land-cover classification of multi-spectral imagery using a dynamic learning neural network[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1995, 61(4): 403-408.

[4] Justin D Paola, Robert A Schowengerdt. The effect of neural-network structure on a multi-spectral land-use/land-cover classification[J]. PERS, 1997, 63(5): 535-544.

[5] Giles M Foody. Relating the Land cover Composition of mixed pixels to artificial neural network classification output[J]. PERS, 1996, 62(5): 491-499.

[6] Diane M Miller, Edit J Kaminsky, Soraya Rana. Neural network classification of remote sensing data[J]. Computers & Geosciences, 1995, 21(3): 377-386.

[7] Friedl M A, Brodley C E. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data[J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 61(1): 399-409.

[8] Flygare A M. A Comparison of contextual classification methods using Landsat TM. Int. J. Remote Sensing, 1997, 18(18): 3835-3842.

[9] Kartikeyan B, Majumder K L, Dasgupta A R. An Expert System

for Land Cover Classification[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing ,1995 ,33(1) :59 - 66.

[10] 李 爽 ,张二勋. 基于决策树的遥感影像分类方法研究[J]. 地域研究与开发 ,2003 ,22(1) :17 - 21.

[11] Yang Chun - chieh , Shiv O Prasher , Peter Enright , et al. Application of decision tree technology for image classification using remote sensing data[J]. Agriculture Systems ,2003 (76) :1101 - 1117.

[12] 陈松林. 基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版) ,2002 ,16(1) :106 - 109.

[13] 聂 芹 ,李连运. 多步骤分类法在上海市闵行区土地利用/覆盖

信息提取中的应用[J]. 国土资源遥感 ,2006 (1) :79 - 83.

[14] 曹文洪. 土壤侵蚀的坡度界限研究[J]. 水土保持通报 ,1993 ,13 (40) :1 - 5.

[15] 靳长兴. 论坡面侵蚀的临界坡度[J]. 地理学报 ,1995 ,50(3) :234 - 239.

[16] 胡世雄 ,靳长兴. 坡面土壤侵蚀临界坡度问题的理论与实验研究[J]. 地理学报 ,1999 ,54(4) :347 - 356.

[17] 王秀英 ,曹文洪 ,陈 东. 土壤侵蚀与地表坡度关系研究[J]. 泥沙研究 ,1998 ,21(2) :36 - 41.

RESEARCHES ON METHODS FOR LAND USE INFORMATION EXTRACTION IN COMPLICATED TERRAIN AREAS ON LOESS PLATRAU

LIANG Wei¹ , YANG Qin - ke¹ , LIU Yong - mei^{1 2}

(1. Northwestern Science and Technology University of Agriculture and Forestry , Research Center of Soil and Water Conservation of CAS and Ministry of Water Resources , Yangling 712100 , China ; 2. Department of Urban and Resource Sciences , Northwest University , Xi 'an 710069 , China)

Abstract : Soil erosion is one of the important environment problems ,and land use classification is an important process in this aspect. The normal automatic classification (supervised classification and unsupervised classification) based on spectral characteristics cannot meet the accuracy needed. Therefore , the slope (produced by DEM) which affects the land use type location and the NDVI (produced by TM images) which reflects the vegetation coverage sensitivity should be taken into account. With Yanhe basin as the study area , the authors carried out the research on methods for extracting the land use information in complicated areas on the loess plateau. The result indicates that the division of the image into several parts according to the TM image characteristics and the extraction of the land use type one by one assisted by the slope are suitable for the complicated terrain area. The result obtained serves as an important reference to the remote sensing classification technical system.

Key words : Remote sensing ; Slope ; Land use ; Yanhe basin ; Area division ; Multi - stage

第一作者简介 : 梁 伟 (1976 -) , 女 , 硕士 , 主要从事遥感与地理信息系统在水土保持中的应用研究。

(责任编辑 : 肖继春)

=====

(上接第 50 页)

be needed and the spatial relationship has been considered. It can therefore be used to study the land price distribution. The actuality research of ESDA was expounded in a case of urban commercial land price by GIS Arc / Info 8.0 in this paper. First , its mathematic basis was described. Then the measurements of GIS Exploratory spatial Data Analysis were studied , which included the data structure research , full trend analysis , searching direction and so on. In the end , the GIS Exploratory Spatial Data Analysis measurement was investigated with the Kriging Analysis as an example. The error analysis indicates that , if the frequency distribution of the samples assumes Normal Q - Q Plots and the measurements are used properly , the result is acceptable.

Key words : GIS ; Spatial data ; Kriging analysis ; Spatial statistics ; Zhenjiang City

第一作者简介 : 陈思源 (1972 -) , 男 , 博士生 , 从事土地资源、地理信息系统等方面研究。

(责任编辑 : 肖继春)