

基于遥感的黄土高原天然林林地信息提取 及计算机分类研究^{*}

赵鹏祥¹, 强建华¹, 张会儒², 赵有贤³

(1 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100;

2 中国林科院 资源信息所, 北京 100091;

3 国家林业局 调查规划设计院, 北京 100714)

[摘 要] 以黄土高原天然林为研究对象, 以 TM (专题制图仪) 影像为主要数据源, 结合森林资源二类调查数据, 对该地区天然林林地类型信息的提取方法进行了研究。首先对 TM 影像的 6 个波段(除热红外波段 6)进行主成分变换, 以减小特征间的相关性, 并将变换后影像的第一、第二和第三主成分分量进行 RGB (红、绿、蓝通道) 合成, 这样得到的影像可以更好地表达地面信息; 然后参考先验知识纯化样本, 以建立比较精确的分类器, 在此基础上进行计算机监督分类, 获取了研究区域各地类的面积。结果表明, 最终分类精度可以达到 92%, Kappa 值达到 0.906, 说明在该地区天然林林地信息的提取中, 利用 TM 作为数据源, 经过图像处理和监督分类能够达到较高的精度, 可以满足林业生产的要求。

[关键词] 遥感; TM; 信息提取; 计算机分类

[中图分类号] S758.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)10-0075-06

遥感(RS)技术具有宏观、动态、快速地获取地表信息的特点, 是现代森林资源研究中最有效的信息获取手段之一, 可以为森林覆盖面积的获取、树种组成的分析、大面积森林分布图的编制、林地面积的测量、森林蓄积和其他野生资源的数量调查等提供强有力的技术支撑^[1]。但由于遥感影像信息在很大程度上受地域、季节、地表覆盖以及传感器特性的影响, 给遥感影像判读带来了较大困难, 特别是在地形复杂的黄土高原地区, 研究难度更大。该地区地形支离破碎, 各树种呈小片状分布, 在遥感影像上不同树种的差异不明显, 这对遥感影像的目视解译非常不利, 由于地形因素在遥感影像上形成的阴影给计算机监督分类造成不便, 很容易引起错分或误分。目前, 有关城镇绿地信息提取以及土地利用现状监测等方面的研究较多, 技术也比较成熟^[2-3]。但关于黄土高原天然林林地信息提取的研究尚不多见。作者在前人研究的基础上, 通过对遥感影像进行主成分变换, 使影像更好地表达地面信息, 并结合先验资料建立较为精确的样本, 使用监督分类的一系列方法, 以期提高计算机分类精度, 并准确地提取黄土高原

天然林林地信息。

1 研究区域概况

蔡家川林场位于延安地区黄龙山林业局中部, 小南川中上游, 属黄河水系。西北与小寺庄林场接壤, 西南和官庄、石堡林杨毗邻, 东与圪台林场连接, 东北与瓦子街林场分界, 总面积 20 726 hm²。地理坐标 109°48' ~ 110°02', 北纬 35°45' ~ 35°57'。场址设在黄龙县瓦子街乡蔡家川行政村台上村, 距黄龙县城 37 km。

该场地跨黄龙县山嵛先、小寺庄、瓦子街和砖庙梁 4 个乡, 属黄土高原丘陵沟壑区。其地面破碎, 地形变化复杂, 形成沟壑、梁峁、残原、土石质中低山等特有的黄土地形, 剥蚀强烈, 河谷深切。地势西南高, 东北低, 最高海拔(旗杆庙) 1 650 m, 为小南川、沙曲河之分水岭, 最低海拔(乔峪沟) 940 m, 相对高差为 200~ 300 m; 土壤为褐土带, 地带性土类主要为褐土; 林场范围内主要河流蔡家川河汇入小南川, 为仁望河左岸三级支流, 年径流量 1 700 万 m³。气候属暖温带大陆性半湿润气候, 气温低, 湿度大。年平均气温

^{*} [收稿日期] 2005-12-12

[基金项目] 国家林业局天然林保护工程科技支撑项目(TBKJ2003-05)

[作者简介] 赵鹏祥(1965-), 男, 青海乐都人, 副教授, 博士, 主要从事林业遥感和地理信息系统研究。

8.6℃, 极端最高温度36.7℃, 最低温度-21.9℃。年降雨量602.2mm, 多集中于7~9月。

森林植被属暖温带落叶阔叶林地带北部落叶阔叶林亚地带。天然植被覆盖度高, 森林植物种类较多。优势树种主要有油松、辽东栎、槲栎、山杨、白桦、侧柏、小叶杨等。

2 数据来源及其预处理

2.1 数据来源

本研究采用的数据有1986-07和1997-08的TM多光谱(7个波段)影像, 分辨率30m×30m; 1969年的地形图, 比例尺1:50000; 1998年蔡家川林场的林相图。

2.2 数据预处理

2.2.1 影像配准 首先以地形图为基准, 对TM遥感影像进行几何配准, 要求控制点在影像范围内均匀分布, 并具有明显的识别标志, 控制点数量为20个(试验区范围为23km×30km), 用二次多项式进

行空间几何位置的变换, 用三次立方卷积法进行亮度重采样, 整体校正精度为0.27个像元。

2.2.2 TM影像增强处理 由于本研究所采用的影像分辨率较低, 加之影像获取时段为8月份, 此时森林中树木生长量达到顶峰, 各类树木的光谱特性在各个波段上的相关性很大, 所以对经过几何精确校正后的TM影像进行了光谱增强处理^[4-5], 并对TM影像的6个波段进行主成分变换(PCA), 然后对经主成分变换后的影像以PCA3+PCA2+PCA1进行RGB(红、绿、蓝)合成。经过处理后的影像色调相对丰富, 易于后面的分类。

3 TM影像的计算机自动分类

3.1 林地分类系统的建立

对1986和1997年的森林资源二类调查资料进行统计分析, 依据森林资源调查规范, 结合遥感影像可识别的类型, 建立了本研究的遥感分类系统, 详见表1。

表1 蔡家川林场林地分类系统及其TM影像特征

Table 1 Classification system of forestryland of Caijiachuan and TM image feature

序号 No	类型 Type	定义 Definition	特征 Characteristics
1	油松类 Chinese pine	主要包括油松、华山松和其他松属植物 Mainly includes the Chinese pine, the Chinese pinus montana and other pine plants	颜色呈深红色, 主要分布于东北部 The color assumes the scarlet red, mainly distributes in northeastern part
2	落叶松和柏属 Larch and cypress	主要包括落叶松、柏树等常绿树种 Mainly includes larch and cypress plants	颜色深红色, 分布极少 Scarlet red, the distribution are extremely few
3	硬阔类 Hard latifoliate trees	主要有栎类、桦类及其他硬阔叶树种 Mainly has the robur, the birch and other hard broad-leaf tree	颜色从红色到浅红色 Color from as red as pink
4	软阔类 Soft latifoliate trees	指杨类、槲类和其他软阔叶树种 Poplar, bass and other soft broad-leaf tree	主要为浅红色, 多分布于西南部 Mainly is the pink, distributes in the north west
5	荒地 Wasteland	树木郁闭度<10%, 表层为土质, 生长杂草 Trees closing less than 10%, the surface layer is the soil texture	在图上呈白色区域 Assumes the white region on the picture
6	农田 Fam land	种植农作物的土地, 包括新开荒地、休闲地、轮歇地、草田轮作地 The planter crops' land, including the newly-cultivated land, the fallow land, the wheel fallow land, rotates fam land between pasture and crops	与荒地相间分布, 颜色略带品红色 Alternates with the distribution with the open land, color bringing is slightly red
7	灌林地 Brushwood land	覆盖度>40%的灌木林地、灌丛 Coverage degree of the forestry land is more than 40%	植被稀疏, 色调呈淡红色, 间有白色、黄色、浅褐色的斑块 The vegetation is sparse, the tone assumes the light red, has the white, the yellow, the shallow brown mottling
8	采伐迹地 Cutting land	指经过皆伐或表层为土质, 基本无植被覆盖的土地 Land through all cuts down or the surface layer is the soil texture, basically does not have the vegetation cover the land	蓝色, 片状分布, 与周围有明显的界限 The blue region that has the obvious boundary with periphery
9	疏林地 Open forest land	树木郁闭度为10%~30%的天然林或人工林 Trees closing of the natural, planted forest is between 10% and 30%	与灌林地特征相似, 建立分类模板时与灌林地合并为一类 The feature is similar to bushes, the samples were merged with bushes sample when establishes signature

3.2 计算机监督分类

监督分类就是在图像中选取各个类别具有代表性的样本, 然后根据这些样本的统计数据对整个图

像进行分类^[6]。监督分类的基本特点是在分类前即对遥感图像上影像地物的类别属性已经有了先验知识, 利用先验知识从图像中选取所有要区分的各类

地物的样本,用于建立分类器(判别函数)。先验知识可以来自本人经验、野外实际考察,也可以参照相关的资料。本研究中的先验知识来自以前的森林二类调查资料。

3 2 1 建立分类模板 将林相图(矢量文件)叠加在TM 影像图上,以供定义分类模板时参考。在ER-DAS MAGE 遥感图像处理系统中,根据影像的纹理、色调、形态及其在该地区的分布规律,结合林相

图,综合应用AOI 绘图工具、AOI 扩展工具和查询光标扩展法在原始图像中获取分类模板信息,以此建立较理想的分类模板。打开分类模板编辑器,针对表1 中的9 个类别分别选取各自的样本,根据实际情况,采集同一地物不同光谱特征区域。一般要求每一类型的采样点多于2 个^[7],本研究中每个类型采集的样本数见表2。

表2 蔡家川林场各林地类型的样本数量

Table 2 Signature sample's number of forestryland types of Caijiachuan								
类型 Type	油松类 Chinese pine	硬阔类 Hard latifo- liate tree	软阔类 Soft latifo- liate tres	荒地 W asteland	农田 Famm land	灌林地和疏林地 B rushwood and open forest land	裸地 Bare land	合计 Sum
样本数 Samples	11	10	4	3	4	3	3	38

3 2 2 分类模板评价 在进行监督分类前,采用分类报警工具和可能性矩阵进行分类模板精度评价,其结果见表3。由表3 可以看出,对农田、荒地、裸地

等类型的分类精度均达到了100%,说明选择的样本具有代表性,建立的分类模板符合要求。

表3 分类模板的可能性矩阵评价结果

Table 3 Evaluating result of the Contingency Matrix of the signature								
分类类型 Type of calcification	农田 Famm land	荒地 W aste land	疏林、灌林地 B rushwood and open forest land	裸地 Bare land	硬阔类 Hard latifo- liate tree	软阔类 Hard latifo- liate tree	油松类 Chinese pine	合计 Sum
农田 Famm land	82	0	0	0	0	0	0	82
荒地 W aste land	0	22	0	0	0	0	0	22
疏林、灌林地 B rushwood and open forest land	0	0	395	0	16	0	0	411
裸地 Bare land	0	0	0	143	0	0	0	143
硬阔类 Hard latifo- liate trees	0	0	2	0	984	0	0	986
软阔类 Soft latifo- liate trees	0	0	0	0	0	956	0	956
油松类 Chinese pine	0	0	1	0	0	0	310	311
合计 Sum	82	22	398	143	1 000	956	310	2 911
分类精度/% A ccuracy of classification	100	100	99.25	100	98.4	100	100	

3 2 3 执行监督分类 根据所建立的分类模板,在一定的分类决策规则条件下,对影像进行监督分类。1997 年蔡家川林场分类前与分类后的TM 影像见图1。由图1 可知,经过监督分类后,蔡家川林场各类林地的分布状况可以清楚、直观地表现出来。根据分类结果图,不但可以知道林地的类型、分布,还可以很方便地计算出各地类面积甚至估算出林木蓄积量。

4 分类精度评价

将分类结果与实际地面调查数据进行对比,计算分类精度,并对分类的错误率进行评估^[8-9]。本研究采用计算机随机评价的方法,产生随机点的分布参数为Stratified random (分层随机点),即各类中产生的随机点与分类结果图中各类的像元数基本成比例,并且保证每类的随机点不少于15 个,以保证面

积小的类别也有足够的分析点^[10]。在本研究区内,共选取 230 个随机样点,以实际二类调查数据为依据,并以林相图作为辅助参考,确定每个样点的实际类别,计算精度,结果见表 4。

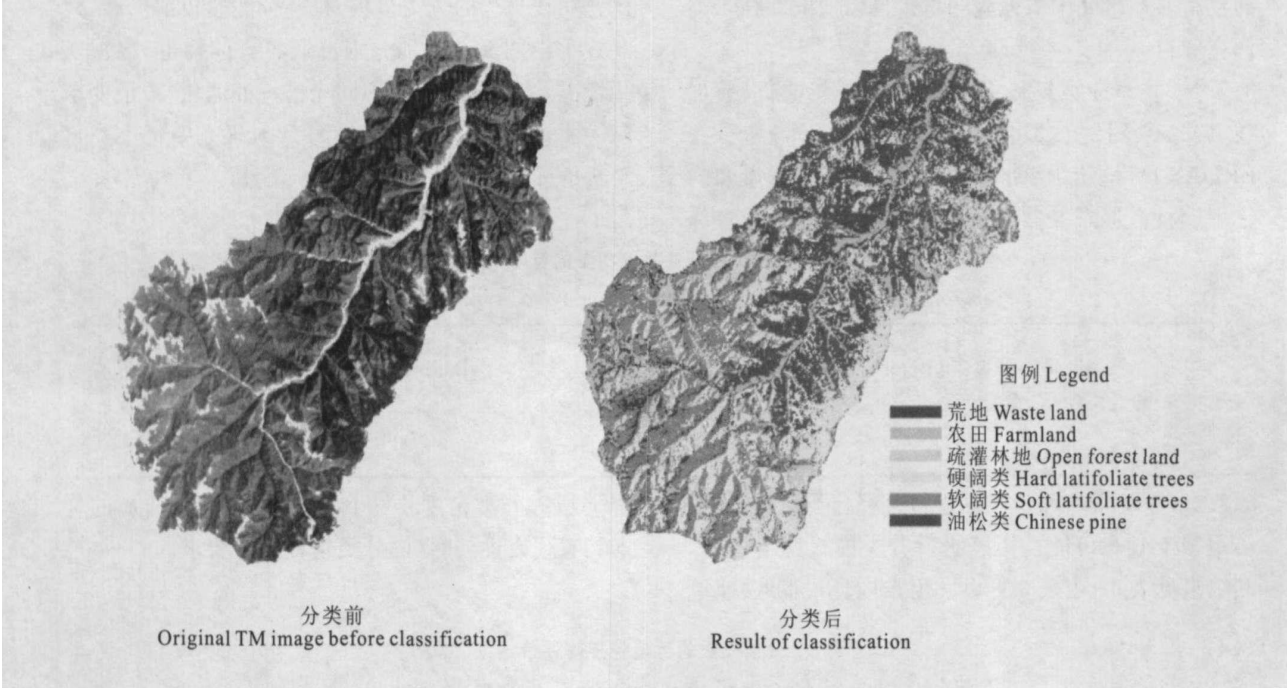


图1 1997 年蔡家川林场 TM 影像分类前与分类后结果的比较

Fig. 1 Original TM image and the result of classification of Caijiachuan

表 4 蔡家川林场各地类分类精度报告

Table 4 Accuracy report of the classification of all types of Caijiachuan

分类类型 Accuracy of calcification	参考点数 The number of reference point	随机点数 The number of random point	正确点数 The number of correct point	生产者精度/% Producers accuracy	用户精度/% U sers accuracy
油松类 Chinese pine	54	52	49	90.74	94.23
荒地 Wasteland	23	24	22	95.65	91.67
农田 Farm land	17	16	16	94.12	100.00
疏林、灌林地 Open forest land and brushwood	28	28	27	96.43	96.43
硬阔类 Hard latifoliate trees	45	45	38	84.44	84.44
软阔类 Soft latifoliate trees	63	65	58	92.06	89.23
合计 Sum	230	230	230		

生产者精度为各类中被正确划分的检测样本数目占该类参考点总数的百分比。用户精度为各类中被正确划分的检测样本数目占被划分为该类的检测样本数目(随机点数目)的百分比,它说明了划分到某个特定类中的样本,真正能代表实际类别。表4结果表明,综合分类精度平均达到92%以上,且分类精度Kappa统计值也达到了0.906,满足最低允许判别精度0.70的要求^[11],这说明该方法的分类精度较高。

5 分类结果面积统计

在遥感数字图像处理系统支持下,利用属性统计功能对各地类面积进行统计,结果见表5。根据1997年林相图可知,蔡家川林场实际面积为20 726 hm²,统计的理论面积为21 066.5 hm²,面积差($\Delta S = -340.5 \text{ hm}^2$)/20 726= 0.016,将面积差按各地类的权重进行分配,对像元统计面积作以修正。由表5可计算出各地类占研究区域总面积的比例,即油松类为31.7%,硬阔叶类和软阔叶类分别为20.9%

和 22.1%, 疏林、灌林地占总面积的 11.8%, 农田占 7.7%, 荒地则为 5.8%。

表 5 蔡家川林场各地类的像元数与面积

Table 5 Pixels and area of all land types of Caijiachuan							
序号 No.	地类 Type	颜色 Color	像元数目 Pixels	统计面积/ hm ² Area	面积修正值/ hm ² Error	修正后面积/ hm ² Area	备注 Remark
1	油松类 Chinese pine	红 Red	106 962	6 685.13	- 108 0523	6 577.07	油松为主, 由于地形因素引起反射率不同, 出现不同色调 Chinese pines present different hue because of topography and reflectivity
2	硬阔类 Larch and cypress	黄 Yellow	70 530	4 408.13	- 71.249	4 336.881	主要为栎类等硬阔叶树种, 由于地形因素使其呈不同色调 Larch and cypress present different hue because of topography
3	软阔类 Soft latifoliate trees	灰 Gray	74 361	4 647.56	- 75.119	4 572.441	主要为杨树等软阔叶树种 Soft latifoliate trees mostly contain poplar
4	疏林、灌林地 Open forest and brush land	品红 Fuchsin	39 736	2 483.5	- 40 1411	2 443.359	主要有沙棘、柠条等灌木 Mainly has bushes of sea-buckthorn and lemon strip
5	农田 Farm land	绿 Green	25 996	1 624.75	- 26.261	1 598.489	多分布于川道 Distributes in the plain land
6	荒地 Waste land	紫 Purple	19 479	1 217.44	- 19.6776	1 197.762	其中包括道路 Including roads
合计 Total			337 064	21 066.5	- 340.5	20 726	

6 结论及建议

1) 因 TM 影像的获取时段不适宜, 经主成分变换后, 影像色彩信息变得丰富, 改善了分类影像的解译质量, 使森林覆盖类型的光谱特征突出, 细节增强。因此进行计算机自动分类后效果比较理想, 可以达到精度要求, 并获取了研究区域的各地类面积。

2) 黄土高原丘陵沟壑区因地形复杂, 并受 TM 影像分辨率的限制, 仅采用 1 种遥感影像和单纯的监督分类法很难满足实际需求, 因此, 建议尝试将 TM 影像和 SPOT 高分辨率影像融合后再进行分

类, 通过提高分辨率, 可弥补光谱信息差异不明显的缺点, 提高分类精度。

3) 由于 TM 影像的获取时段不理想和 TM 影像本身分辨率的限制, 有些类型的地物在影像图上的差异不是很明显, 例如灌林地和疏林地的光谱值为接近, 色调纹理也很相近, 所以将两种地类合并为一类。

4) 在今后的研究中, 应综合利用多源、多时相的遥感影像数据, 引入 GIS 技术作为辅助手段, 改进常规分类方法, 以满足林业生产的更高要求。

[参考文献]

[1] 冉有华, 李文君, 陈贤章. TM 图像土地利用分类精度验证与评估——以定西县为例[J]. 遥感技术与应用, 2003, 18(2): 81-85

[2] 刘小平, 邓孺儒. 城市绿地遥感信息自动提取研究——以广州市为例[J]. 地域研究与开发, 2005, 24(5): 110-113

[3] 吴连喜. 遥感融合图像分类精度的研究[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(36): 48-51

[4] 刘咏梅. 基于影像融合的陕北黄土丘陵沟壑区土地利用自动分类[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(4): 6-10

[5] 李爽. 遥感影像分类方法比较研究[J]. 河南大学学报, 2002, 32(2): 70-74

[6] 常庆瑞. 遥感数字图像处理[M]. 北京: 科学出版社, 2003

[7] 吴建平. 遥感数据监督分类中训练样本的纯化[J]. 国土资源遥感, 1996, 27(3): 36-42

[8] 邓芳. 提高遥感影像分类精度方法的研究[J]. 铁路航测, 2003, 29(2): 4-8

[9] 刘亚岚. 遥感图像分区自动分类方法研究[J]. 遥感学报, 2002, 6(5): 357-365

[10] 党安荣. ERDAS IMAGE 遥感图像处理办法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004

[11] Lucas IF J, Frans JM, Welv D. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: a review [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994, 60(4): 410-432

Study on extracting forestland information of natural forest based on RS and computer classification in Loess Plateau

ZHAO Peng-xiang¹, QIANG Jian-hua¹, ZHANG Hui-ru², ZHAO You-xian³

(1 College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Institute of Resource and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

3 Academy of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: In this research, the TM image is used in the PCA transformation in order to reduce the correlation among the features. The new image is synthesized by the first, second, third principal components in the way of RGB after PCA. It is obvious that new image is better in expressing the ground information. With the reference knowledge the samples were purified and a more precise classification signature was built. Then, the classification was supervised and areas of each type were computed. Through evaluating classification accuracy, the results show that the method above is proper and the precise achievement can be obtained by using it. The final data can be used to update the information, and it can provide precise data for making the thematic map of the forest.

Key words: RS; TM; information extract; computer classification

(上接第74页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)10-0072-CA

Technology of intersectional crossing between Sect Aigeiros and Sect Leuce

GAO Jian-she, FAN Jun-feng, ZHANG Cun-xu, ZHOU Yong-xue

(College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: With *P. hopeiensis*, *P. bolleana*, *P. alba* × *P. glandulosa* and *P. deltoides* CL '57' × *P. bolleana*, Shannlin-3, and *P. deltoides* cv. "Lux" F-69/55 as materials, the compatibility of different crossing combinations, and the technology of intersectional crossing between Sect Aigeiros and Sect Leuce were studied by suffocating and brushing stigma with hexane as well as treating pollen with freezing-thaw and tryphine. After different treatments, the numbers of hybrid seed, thousand-seed weight and budded number were analyzed, and the results showed that, with Sect Aigeiros as female parent, the crossing compatibility was higher than that with Sect Leuce as female parent. In combination of *P. deltoides* CL '57' × *P. bolleana*, the effect of suffocating stigma with hexane to break incompatible barriers was better, and for the combination of *P. hopeiensis* × Shannlin-3, the effect of brushing stigma with hexane to break incompatible barriers was more suitable.

Key words: Aigeiros; Leuce; crossing incompatibility; inducing treatment