

西藏灌木林遥感分类方法对比研究

张超^{1,2}, 黄清麟², 朱雪林³, 张晓红², 普布顿珠³, 旦增³

(1. 西南林业大学资源学院, 云南昆明 650224 2. 中国林业科学研究院资源信息研究所,

国家林业局林业遥感与信息技术重点实验室, 北京 100091 3. 西藏自治区林业调查规划研究院, 西藏拉萨 850000)

摘要: 以西藏主要类型灌木林为对象, 开展外业遥感调查, 分别应用非监督分类、监督分类、基于空间分布特征的辅助分类和基于光谱特征再分类 4 种方法, 对灌木林类型进行了遥感分类识别, 并对各种分类方法所得到的分类结果进行对比评价。研究表明, 非监督分类和监督分类的总体精度分别为 42.20% 和 46.79%, 除了对沙棘灌木林分类精度较高外, 对其他灌木林类型分类精度均较低; 基于空间分布特征的辅助分类精度为 86.24%, 其分类结果未能识别到具体灌木林类型; 基于光谱特征的再分类精度为 70.64%, 对沙棘、红柳能较准确的识别, 而对个别灌木林类型(如杜鹃和小檗)的识别精度不高。

关键词: 西藏; 灌木林; 遥感分类; 空间分布特征; 光谱特征

中图分类号: Q948.15 S771.8

文献标识码: A

灌木林是西藏森林资源的重要组成部分, 传统的灌木林资源调查一般以地面调查为主, 具有工作时间长、劳动强度大、调查成本高等弊端。西藏灌木林斑块面积较大, 且群落内物种组成多为纯林或 2~3 种物种混交, 有利于利用遥感手段进行分类识别。研究和探讨西藏灌木林的遥感分类技术, 将大幅度缩短调查时间、降低劳动强度、提高成果质量、减少调查成本, 具有重要的现实意义。

目前, 基于植被光谱特征的遥感分类技术是森林类型分类的主要实现手段之一, 通过利用植被所携带的丰富的光谱信息进行目标地物的识别和提取。近年来, 国内外利用遥感手段识别森林类型的研究已有较多尝试^[1-3], 如 Haapanen R 等^[4]采用 TM/ETM+数据, 结合地面调查数据作为精度验证, 应用最临近距离法聚类, 对美国 Minnesota 州东北部 6 个县的森林类型进行了分类, 精度达到了 91%; 谭炳香^[5]利用高光谱数据 Hyperion 多光谱数据 ALI 和 ETM+进行了森林类型识别的探讨, 识别的最终

对象包括落叶松、杨树、草地、灌木、未成林造林地、柞木、混交林和白桦, 总体分类精度达到 87.04%, 等等。截止目前, 受“异物同谱”和“同物异谱”现象的影响, 在进行森林类型的遥感分类识别时, 多分到较大的类型或类型组合, 或简单分为针叶林、阔叶林两类^[6,7], 缺少对具体灌木林类型识别的研究。众所周知, 森林类型遥感分类是一个多因素、多环节交织在一起的复杂过程, 受到多种因素的影响, 目前还没有一种分类方法能实现完全满意的分类结果, 针对分类目标的特征选择多种方法相结合不失为一种有益的探讨。另外, 由于自然界植被分布的复杂性, 仅基于单纯的遥感图像分类技术往往不能解决森林类型分类中的所有问题。因此, 探讨以灌木林空间分布特征为辅助决策、结合各类型灌木林在遥感图像上的光谱特征的分类识别技术, 将有助于提高分类识别的精度, 为实现不同类型灌木林的遥感分类技术创造可能。本文以研究区内西藏主要类型灌木林为对象, 研究和探讨西藏灌木林类型的遥感分类

收稿日期 (Received date): 2010-03-01; 改回日期 (Accepted): 2010-07-12.

基金项目 (Foundation item): 中国林科院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金重点项目“西藏灌木林资源评价与遥感监测技术研究 (CAFYBB2007001)”资助。 [Supported by Basic Scientific Research Foundation for Central Non-profit Research Institutes of Chinese Academy of Forestry (CAFYBB2007001).]

作者简介 (Biography): 张超 (1980-) 男, 河北丰南人, 博士, 主要从事森林经理方向研究。 [Zhang Chao (1980-), male, Ph.D. mainly engaged in forest management] E-mail: zhdcgs@hotmail.com

方法, 并对各种分类方法进行了对比研究, 以期在今后的灌木林遥感分类技术提供借鉴和参考。

1 自然概况

研究区分为核心区和扩展区两部分。核心区位于墨竹工卡县南部、乃东县北部, 地处 $91.56^{\circ} \sim 92.12^{\circ} \text{E}$ $29.27^{\circ} \sim 29.98^{\circ} \text{N}$ 为 $40 \text{ km} \times 72 \text{ km}$ 的矩形区域, 面积为 $28.80 \times 10^4 \text{ km}^2$, 位于扩展区的中部。核心区是西藏灌木林资源最为丰富、类型较为集中的地区之一。通过外业遥感调查发现, 核心区内植被以天然灌木纯林占绝对优势, 其中, 以小檗 (*Berberis spp.*)、杜鹃 (*Rhododendron spp.*)、爬地柏 (*Sabina procumbens*)、高山柳 (*Salix cupularis*)、狼牙刺 (*Sophora Davidii*)、沙棘 (*Hippophae spp.*) 和红柳 (*Tamarix ramosissima*) 等类型的灌木林为主。为了能够更为全面、准确地提取核心区内各主要类型灌木林的空间分布特征, 减少噪声, 为遥感分类提供可用的辅助识别决策支持, 将《西藏自然地理》关于西藏综合自然区划中第 VI 分区——雅鲁藏布江中游山地灌丛草原地区^[8]的东部区域作为识别决策提取的扩展区, 面积为 $279.33 \times 10^4 \text{ km}^2$, 扩展区内灌木林以爬地柏、小檗、杜鹃、狼牙刺、高山柳、蔷薇 (*Rosa L.*)、红柳和沙棘等类型为主。

2 研究方法

2.1 数据获取及处理

本文采用的遥感数据主要为覆盖核心区的 2 景 ASTER LIB 级数据, 成像时间为 2002-06-09 覆盖扩展区的 2 景 Landsat ETM+ 和 2 景 DEM (来源于美国 Maryland 大学数据共享网站), ETM+ 数据成像时间与 ASTER 相同; DEM 的空间分辨率为 90 m 采集时间为 2000 年。建立模拟几何畸变的二次多项式数学模型, 对影像数据进行了几何校正, 将误差控制在 0.5 个像元以内, 并利用三次卷积重采样方法将图像像元重采样为 $15 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ 。

于 2008-08~10 对研究区开展了外业遥感调查, 分为样地调查和路线调查两部分。在核心区内, 选择各主要类型灌木林的典型地块, 设置了 14 个大小为 $5 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ 的长方形样地, 调查包括坐标、海拔、灌木优势种、株数、地径、树高、冠幅和天然更新灌木幼树情况等, 样地概况如表 1 所示; 除在核心区内进行样地调查外, 对核心区的大部和扩展区的部分地区进行了较为详尽的路线调查, 共涉及 109 个调查样点, 调查内容主要包括坐标、海拔和灌木优势种等。

同时, 利用 ArcView GIS 3.3a 的 xtools 模块中

表 1 样地概况

Table 1 General Information of Plots

编号 ID	所属县 County	灌木林类型 Shrub Type	经度 Longitude N	纬度 Latitude E	海拔 Altitude (m)	坡面 Slope	坡向 Aspect	坡位 Position	灌木盖度 Cov_Shrub	草本盖度 Cov_Herb
P1	墨竹工卡	杜鹃	91.89381	29.71523	4365	缓坡	西北	上	0.4	0.1
P2	墨竹工卡	沙棘	91.80567	29.79856	3872	平坡	无坡向	谷	0.7	0.0
P3	墨竹工卡	小檗	91.89360	29.75579	4421	缓坡	无坡向	平	0.3	0.1
P4	墨竹工卡	高山柳	92.07103	29.70718	4156	缓坡	东南	下	0.4	0.6
P5	墨竹工卡	沙棘	91.83042	29.78173	3893	平坡	无坡向	平	0.8	0.7
P6	乃东	杜鹃	91.91355	29.44837	4078	缓坡	西	下	0.3	0.0
P7	乃东	杜鹃	91.90818	29.44643	4057	缓坡	东	中	0.4	0.0
P8	乃东	高山柳	91.91580	29.44828	4093	平坡	无坡向	谷	0.4	0.0
P9	乃东	高山柳	91.91760	29.44828	4109	缓坡	东南	谷	0.6	0.0
P10	乃东	高山柳	91.91498	29.44723	4096	缓坡	南	中	0.3	0.0
P11	乃东	红柳	91.84275	29.39875	3697	平坡	无坡向	平	0.4	0.0
P12	乃东	红柳	91.87874	29.47486	4111	急坡	西南	中	0.3	0.0
P13	乃东	小檗	91.91342	29.44835	4079	平坡	无坡向	平	0.5	0.0
P14	乃东	小檗	91.82121	29.43708	4298	缓坡	东南	中	0.5	0.1

ConvertShapes To Centroids工具, 基于 2002 年全区森林分布图, 以扩展区内各主要类型灌木林斑块 (共 1 070 个) 的中心 (非重心) 点代表所在斑块, 分别提取了各中心点的指标数据, 包括: 利用 DEM 提取各主要类型灌木林斑块中心点的海拔、坡向和坡度; 利用 ETM+ 数据中的近红外和红波段提取各中心点的 NDVI 数值。

2.2 遥感分类方法

本文分别应用非监督分类、监督分类、基于空间分布特征的辅助分类、基于光谱特征再分类 4 种方法, 对研究区内灌木林进行遥感分类识别。

1. 非监督分类方法。根据核心区内灌木林资源的类型数量, 首先设定初始分类数目为 30 类, 得到核心区初始分类结果, 根据实地调查的 14 个样地数据, 把相同的类别合并, 得到最终分类结果, 利用 109 个调查样点进行精读验证。

2. 监督分类方法。以核心区内实地调查的 14 个样地数据作为训练样本, 进行监督分类, 利用 109 个调查样点进行精读验证。

3. 基于空间分布特征的辅助分类方法。应用 Fisher 判别分析方法, 研究扩展区内 1 070 个灌木林斑块在海拔、坡度、坡向、NDVI 四个环境因子上的可分性, 将 m 种灌木林类型、 n 个指标的数据投影到二维平面上, 使得投影后灌木林类型间 (或类型组合间) 的距离尽可能分开, 最终实现类型 (或类型组合) 的分离, 以此建立判别模型和判别规则。分别探讨核心区内基于类型的判别分析和基于类型组合的

判别分析, 最终构建判别模型, 得到基于空间分布特征的综合分类结果, 利用 109 个调查样点进行精读验证。

4. 基于光谱特征再分类方法。在基于空间分布特征辅助分类结果基础上, 以核心区内实地调查的 14 个样地作为训练样本, 采用 ASTER 数据进行核心区基于光谱特征的灌木林类型再分类, 利用 109 个调查样点进行精读验证。

3 结果分析

3.1 分类结果

基于类型的判别模型如式 1 和式 2 所示, 结果如图 1a 所示, 基于类型组合的判别模型如式 3 和式 4 的示, 结果如图 1b 所示。各函数式具体为

$$Y_1 = 0.00420X_1 + 0.017121X_2 + 0.00043X_3 - 0.28041X_4 - 17.78527 \quad (1)$$

$$Y_2 = -0.00259X_1 + 0.12468X_2 + 0.00334X_3 + 3.03333X_4 + 7.71554 \quad (2)$$

$$Y_1 = 0.00416X_1 + 0.00801X_2 + 0.00067X_3 - 0.16703X_4 - 17.50830 \quad (3)$$

$$Y_2 = -0.00237X_1 + 0.11770X_2 + 0.00284X_3 + 3.51376X_4 + 6.97708 \quad (4)$$

式中 y_1 和 y_2 分别为各灌木林类型在两个维度上的差别函数得分, x_1 为海拔, x_2 为坡度, x_3 为坡向, x_4 为 NDVI

基于类型的判别结果并不理想, 各类型灌木林的正判率均较低 (均 < 75%), 若将此判别规则用于

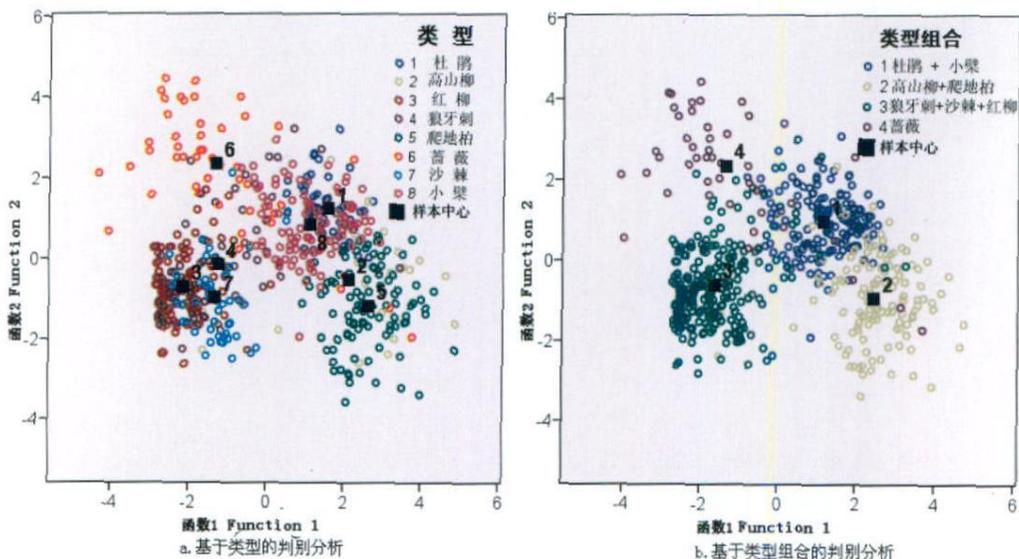


图 1 Fisher 判别结果

Fig 1 Results of Fisher Discriminant

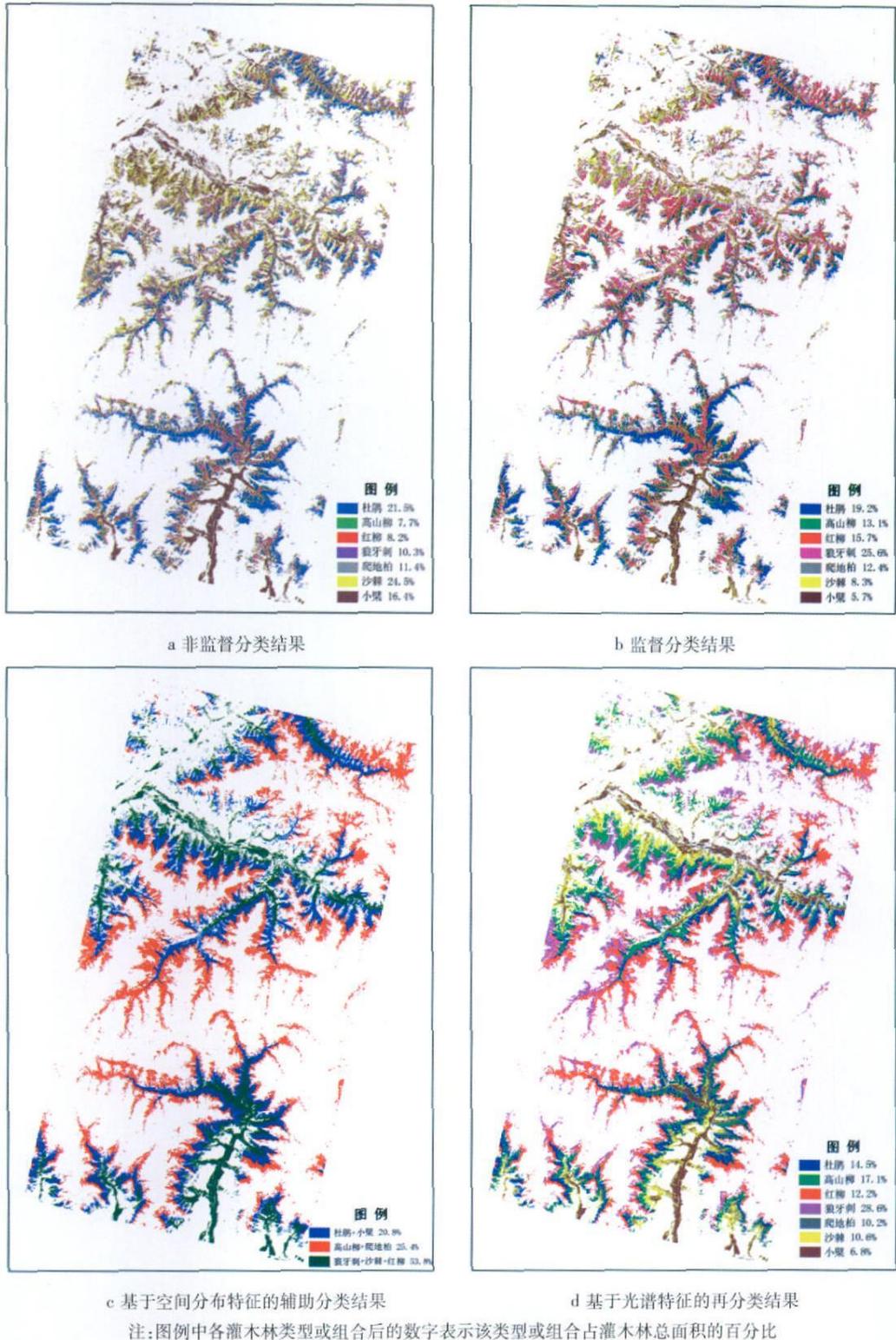


图 2 西藏灌木林遥感分类结果

Fig 2 Classification Results of Shrub in Tibet

核心区的灌木林辅助分类, 势必对最终的分类精度造成较大影响, 产生较多混淆; 根据基于类型的判别结果, 将距离较近的类型进行组合, 结果如下: 组合 1(杜鹃-小檗)、组合 2(高山柳-爬地柏)、组合 3

(狼牙刺-沙棘-红柳)、组合 4(蔷薇), 各类型组合在判别距离上存在较为明显的差异, 正判率明显高于单个类型。

分别应用非监督分类、监督分类、基于空间分布

特征的辅助分类和基于光谱特征再分类 4 种方法,对研究区内灌木林进行遥感分类,结果如图 2 所示。

3.2 精度评价

采用外业遥感调查中 109 个调查样点作为精度评价的验证数据,在 ERDAS IMAGINE 环境下应用 Accuracy Assessment 模块对 4 种分类方法得到的结果进行精度评价,结果如表 2 所示。

从表 2 中可以看出,非监督分类的总体精度为 42.20%,监督分类的总体精度为 46.79%,二者除了对沙棘的分类精度较高外(分别为 71.43% 和 85.71%),对其他灌木林类型的分类精度都较低,均低于 60%,不能满足林业生产的要求。造成以上结果的原因较为复杂。通过外业调查发现,某些灌木林类型的光谱特征较为接近,此外,有些灌木林与环境光谱较为接近,如金露梅与地表颜色相近等,以上情况产生较多混淆和噪声,完全依靠光谱特征的

差别很难将其分类识别,因此,单纯依靠非监督分类和监督分类很难将西藏灌木林较好地分开。

基于空间分布特征的辅助分类总体精度为 86.24%,其中,组合 3(狼牙刺—沙棘—红柳)的分类精度最高,为 95.0%,组合 1(杜鹃—小檗)和组合 2(高山柳—爬地柏)的分类精度相当,分别为 81.08% 和 81.25%。应该注意的是,以上分类精度完全是关于空间分布特征的辅助分类过程,从精度评价结果看,基于空间分布特征的辅助分类得到了较好的分类结果,但是,仅能识别到类型的组合,未能得到具体灌木林类型的信息。

以基于空间分布特征的辅助分类结果为基础,基于光谱特征的最终分类精度为 70.64%,其中,沙棘灌木林的分类精度最高,为 85.71%,其次为红柳灌木林,分类精度为 81.82%,杜鹃灌木林的分类精度最低,为 58.82%。误差主要来源于两方面:①组

表 2 分类精度评价表
Table 2 Classification Accuracy Evaluation

方法 Method	灌木林类型 Shrub Type	参考样本 Reference (个)	分类样本 Classified (个)	分对样本 Correct (个)	用户精度 Acc_Users	总体精度 Overall Accuracy
方法 1	杜鹃	23	17	5	29.41%	42.20%
	高山柳	17	14	4	28.57%	
	红柳	9	11	6	54.55%	
	狼牙刺	14	15	7	46.67%	
	爬地柏	14	18	7	38.89%	
	沙棘	16	14	10	71.43%	
方法 2	小檗	16	20	7	35.00%	46.79%
	杜鹃	22	17	8	47.06%	
	高山柳	18	14	6	42.86%	
	红柳	6	11	4	36.36%	
	狼牙刺	16	15	6	40.00%	
	爬地柏	11	18	6	33.33%	
方法 3	沙棘	18	14	12	85.71%	86.24%
	小檗	18	20	9	45.00%	
	组合 1: 杜鹃—小檗	38	37	30	81.08%	
方法 4	组合 2: 高山柳—爬地柏	31	32	26	81.25%	70.64%
	组合 3: 狼牙刺—沙棘—红柳	40	40	38	95.00%	
	杜鹃	21	17	10	58.82%	
	高山柳	16	14	10	71.43%	
	红柳	11	11	9	81.82%	
	狼牙刺	13	15	11	73.33%	
方法 4	爬地柏	15	18	13	72.22%	60.00%
	沙棘	16	14	12	85.71%	
	小檗	17	20	12	60.00%	

合内的各类型灌木林之间混淆问题较为严重,损失了总体精度的 15.60%,其中,杜鹃、小檗、沙棘和狼牙刺等类型灌木林的此类误差较大。产生以上误差的原因可能是所采用的遥感数据和分类方法本身无法正确识别,受基于光谱特征的分类过程影响。②组合间的混淆问题,损失了总体精度的 13.76%,主要表现为组合 1(杜鹃—小檗)和组合 2(高山柳—爬地柏)之间的误差,组合 3(狼牙刺—沙棘—红柳)的此类误差较小。产生此类误差的原因是由于以扩展区判别模型(“共性”规律)判定核心区实际分布(“个性”特征)时产生的。对扩展区的位置和面积进行反复调整有可能减小此类误差。

当然,遥感分类的精度受多方面的影响,其中,精度评价的不同采样方法、采样数量等亦为主要影响因素之一。由于本文中核心区内的 高山柳和杜鹃灌木林分布的范围距离调查路线较远,且多为海拔较高的区域,与其相对较大的分布面积相比,地面调查的样点信息相对缺乏,这在某种程度上影响了总体分类精度。

4 结论与讨论

通过对西藏主要类型灌木林遥感分类识别方法的对比研究发现,利用常规分类方法(如非监督分类和监督分类)由于受地物光谱特征的干扰和混淆,很难得到较为理想的分类结果;采用本文的基于空间分布特征的辅助分类过程得到的结果具有较高的精度,为随后的再分类提供了保障;在此基础上进行的基于光谱特征的再分类,沙棘和红柳灌木林的分类精度最高,均在 80%以上,狼牙刺、爬地柏和高山柳灌木林的次之,而小檗和杜鹃灌木林由于利用光谱特征分类的精度过低,因此认为应分到类型组合,这样能够达到 80%以上的精度。综合以上分析认为,利用本文方法 3 和方法 4 的技术流程和影像数据,可将沙棘、红柳较为准确地识别,其他类型可依据具体的精度要求选择识别到类型或类型组合。

在本文方法 3 和方法 4 的分类识别过程中,最终分类误差主要来源于两部分,组合内误差和组合间误差。组合内的各类型灌木林之间混淆问题损失了总体精度的 15.60%,组合间的误差合计为 13.76%,主要表现为组合 1(杜鹃—小檗)和组合 2

(高山柳—爬地柏)之间的误差,组合 3(狼牙刺—沙棘—红柳)的此类误差较小。

通过分析可知,组合内和组合间的误差所占比重相当,表明需同时提高技术水平。一方面,需进一步研究影响各类型灌木林空间分布的环境因子,选取更为全面、更能反映其分布规律的指标进行辅助决策;另一方面,探讨多源数据、多种分类方法相结合,提高遥感图像分类技术;第三,分类策略较为重要,选取合理的分类策略能够提高分类精度,达到分类目标,这就需要不断研究和探讨。

参考文献 (Reference)

- [1] Jimenez J C, Sobrino J A, Gillespie A et al. Improved land surface emissivity over agricultural areas using ASTER NDVI [J]. *Remote Sensing of Environment* 2006, 103 (4): 474~487
- [2] Stefano W L, Netzband M. Assessment of ASTER land cover and MODIS NDVI data at multiple scales for ecological characterization of an arid urban center [J]. *Remote Sensing of Environment* 2005, 99 (1): 31~43
- [3] Guo H ang, Zhang X iaoli. Current status and developing trend in vegetation classification based on RS technology [J]. *World Forestry Research* 2007, 20 (3): 14~19 [郭航, 张晓丽. 基于遥感技术的植被分类研究现状与发展趋势 [J]. *世界林业研究*, 2007, 20 (3): 14~19]
- [4] Haapanen R. Delineation of forest/nonforest land use classes using nearest neighbor methods [J]. *Remote Sensing of Environment* 2004, 89 (11): 265~271
- [5] Tan Bingxiang. Extraction of Forest types and Estimation of Forest Canopy Closure from Hyperspectral Remote Sensing [D]. Beijing Doctoral Dissertation of Chinese Academy of Forestry, 2006 [谭炳香. 高光谱遥感森林类型识别及其郁闭度定量估测研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院博士学位论文, 2006]
- [6] Tong Huijie, Feng Zhongke, Zhang Yanlin. Difference analysis among tree species in remote sensing image spectra [J]. *Journal of Beijing Forestry University* 2007, 29 (suppl 2): 160~163 [仝慧杰, 冯仲科, 张彦林. 树种在遥感信息上的差异分析 [J]. *北京林业大学学报* 2007, 29 (增刊 2): 160~163]
- [7] Feng Zhongke, Meng Xianyu, Han Xichun. Establishing China's technology system of multiple resolution power in investigation of forest resources [J]. *Journal of Beijing Forestry University* 2002, 24 (5): 156~159 [冯仲科, 孟宪宇, 韩熙春. 建立我国多级分辨率的森林调查技术体系 [J]. *北京林业大学学报*, 2002, 24 (5): 156~159]
- [8] Chinese Academy of Sciences. *Physical Geography of Tibet* [M]. Beijing: Science Press, 1982 [中国科学院. *西藏自然地理* [M]. 北京: 科学出版社, 1982]

A Comparative Study on Remote Sensing Classification Method of Shrub in Tibet

ZHANG Chao^{1, 2}, HUANG Qinglin², ZHU Xuelin³, ZHANG Xiaohong², Pubudunzhu³, Danzeng³

(1. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 2. Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Forestry Remote Sensing and Information Technology, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 3. Institute of Forest Inventory, Planning and Research of Tibet Autonomous Region, Lhasa 850000, China)

Abstract: As an important part of forest in Tibet, shrub plays an irreplaceable role in regional ecological security maintenance and regional economic and social development. Based on the remote sensing classification of shrub, we can identify the situation and dynamic changes of shrub accurately. Because of the large size of shrub patch and pure stand mostly, it is helpful to the remote sensing classification of shrub in Tibet. Based on the investigation of the main types of shrub in research area, the research was carried out as following by taking the main types of shrub in Tibet as the research object: (i) unsupervised classification; (ii) supervised classification; (iii) assistant classification based on spatial distribution characteristics; (iv) re-classification based on spectral characteristics. The results showed that the unsupervised classification accuracy was 42.20%, and the supervised classification accuracy was 46.79%, the accuracy of assistant classification based on spatial distribution characteristics was 86.24%, which could meet the requirements of forestry, and the accuracy of re-classification based on spectral characteristics was 70.64%. Hippophae spp. and Tamarix spp. could be identified accurately by using of technical processes and image data, other types of shrub could be classified to types or type groups which depending on the precision request.

Key words: Tibet shrub; Remote Sensing Classification; spatial distribution characteristics; spectral characteristics