

文章编号:1001-1498(2005)01-0031-05

遥感影像分类技术在森林景观 分类评价中的应用研究

陆元昌¹, 陈敬忠², 洪玲霞¹, 雷相东¹

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所,北京 100091; 2. 北京林业大学资源与环境学院,北京 100083)

摘要:以吉林省旺清林业局金沟岭林场为例,在地面调查数据和 Landsat TM 多光谱卫星遥感数据的基础上,以 ERDAS 遥感影像处理系统和 MapInfo 地理信息系统支持,利用基于二类调查数据取证遥感分类技术,对其森林景观进行分类和评价,得到金沟岭林场森林景观空间分布图及空间格局分析结果。本研究提出的一套实用技术方法可为宏观上快速提取森林景观要素及空间格局状态提供技术参考,结果可为进一步森林景观规划和设计提供依据。

关键词:森林景观;遥感影像有监督分类;景观要素分类;景观空间格局分析

中图分类号:S771.8 文献标识码:A

Application of Remote-sensing Image Classification Techniques in Forest Landscape Classification and Evaluation

LU Yuanchang¹, CHEN Jingzhong², HONG Lingxia¹, LEI Xiangdong¹

(1. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091 China;

2. College of Resource and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083 China)

Abstract: Study on classification of forest landscape based on data of multi-spectrum remote-sensing of Landsat TM and terrestrial inventory was conducted. On Jingouling State Forest Farm of Wangqing Forestry Bureau in Jilin Province, ERDAS Imagine and MapInfo were used as technical supporting systems for data processing. Supervised classification of remote-sensing image supported by terrestrial sampling plots and associated with inventory data of forest management was used in the study. As results, the distribution map of forest landscape of the study area and its spatial structure analysis and evaluation were produced. These results served as useful information for further planning and design of forest landscape development in the study region.

Key words: forest landscape; supervised classification of remote-sensing image; classification of landscape elements; Jingouling State Forest Farm

景观是指在几十公里到几百公里范围内由不同类型生态系统组成的、具有重复性格局的异质性地理单元,包括出现在从微观到宏观不同尺度上的具有异质性或斑块性的空间单元^[1~3]。景观生态学研究可以概括为对景观结构、景观功能、景观动态等三方面内容^[4],景观结构的研究是功能和动态研究的基础,景观要素分类及其多样性和空间格局评价是

结构研究最基本的内容^[5],也是本研究的核心问题。

景观要素是指构成景观的基本的、相对均质的土地生态要素或单元的集合^[6,7]。森林景观是以森林生态系统为主体所构成的景观,对其研究的目的在于揭示基本规律和掌握调控手段,并通过科学的规划设计对景观实施生态保护、恢复、建设和管理^[8]。森林景观要素类型的划分是开展森林景观生

收稿日期:2003-11-19

基金项目:科技部“十五”攻关课题“东北天然林生态采伐更新技术与示范”05子课题(2001BA510B0705)的部分内容

作者简介:陆元昌(1957—),男,云南昆明人,研究员,博士,主要从事森林经理研究。

态研究、分析景观格局结构、进行景观规划设计的基础。我国森林景观生态学的研究是以森林异质斑块结构及其动态研究为标志进入到森林景观研究的领域^[9,10],目前存在研究的技术手段相对落后、研究案例有限、森林景观生态模型缺乏等问题^[8]。

森林景观分类是确定景观构成要素及其空间分布格局,在大尺度上探讨森林生态系统整合问题的基础^[11]。遥感技术为森林景观研究提供了从局部具体林分的生态研究跨越到景观层计划和经营的桥梁^[12],将地面样地调查数据和遥感数据结合起来作为森林景观生态学研究中的基础数据,以及时获得大范围、多时相、多波段的地表状况信息,为不同时序上从局部到整体的景观综合分析创造了条件^[13,14]。本文以吉林省汪清林业局金沟岭林场为对象,在 Landsat TM 5 多光谱卫星遥感数据、实测样地和控制点 GPS(全球定位系统)调查数据、森林资源二类调查数据的基础上,应用遥感影像监督分类技术进行了森林景观分类研究,给出了金沟岭林场的森林景观分类图及景观格局分析结果,为深入进行森林景观规划和调控工作服务;也是应用遥感和地理信息系统技术对森林景观快速分类及空间格局评价的一种探索。

1 研究地区概况

金沟岭林场位于吉林省汪清县境内东北部,130°05′~130°19′ E,43°17′~43°25′ N,属长白山系,总面积 16 286 hm²;林场交通方便,距县城 59 km,境内道路以公路为主,总长 30 余 km,是构成对外交流的主要交通枢纽。

金沟岭林区是汪清河三条大支流中的第二支流发源地,地貌属低山丘陵,海拔为 300~1 200 m 之间,坡度一般在 5°~25° 内。林区属季风型气候,全年平均气温为 3.9℃ 左右,积温 2 144℃,多年平均年降水量 600~700 mm,且多集中在 7 月份;早霜从 9 月中旬开始,晚霜延至翌年 5 月末,生长期 120 d;冬季积雪平均 50 cm。土壤主要是玄武岩中低山灰化土灰棕壤类型,平均厚度在 40 cm 左右。

林区属吉林省东部山地温带湿润针阔叶混交林地带的长白山红松云冷杉针阔混交林小区,其原生植被为红松针阔混交林^[15]。但经过长期的经营活动及其他人为干扰,部分天然红松针阔混交林已经演替成多种森林类型,还有相当部分经人工造林成为长白落叶松 (*Larix olgensis* Henry)、红松 (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) 和云冷杉纯林 (*Picea jezoensis* Carr., *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.)。

2 数据和方法

2.1 数据

本次研究使用的数据有:(1)金沟岭林场 1997 年二类森林资源调查数据基础上建立的地理信息系统 (Map Info) 数据库及林相图;(2)与调查数据同期的 Landsat TM 5 多光谱卫星遥感影像数据;(3)地类控制点野外调查数据;(4)主要森林类型样地调查数据;(5)其他森林作业和社会经济情况调查数据。

遥感影像数据采用 1997 年 7 月的 Landsat-5/ TM 卫星影像数据,空间分辨率 30 m ×30 m, Krasovskiy 1940 坐标系,中心点坐标 130.090° E, 43.170° N, Gauss Kruger 投影方式,EOSAT Fast Format 产品格式。

2.2 景观要素影像分类方法

由于景观要素是目标区域在景观尺度上相对同质单元的集合,所以景观要素分类要根据研究工作的需要,结合所收集的卫星影像的分辨率,即分类的实际可能性确定分类的详细程度。本研究所采用的森林景观分类和评价技术方法的工作流程如图 1 所示。

2.3 遥感数据预处理

景观要素分类之前的影像准备工作包括波段组合、影像剪裁、校正和增强等预处理。在 Landsat TM 影像中, TM2、3、4、5 这 4 个波段的特性较为有利于森林植被分类的识别^[16]。在这 4 个波段中, TM2 和 TM3 之间相关性大,而 TM4 和 TM5 的独立性较强^[17]。因此,本次分类采用 TM4、3、2 和 TM5、4、3 两种波段组合进行。

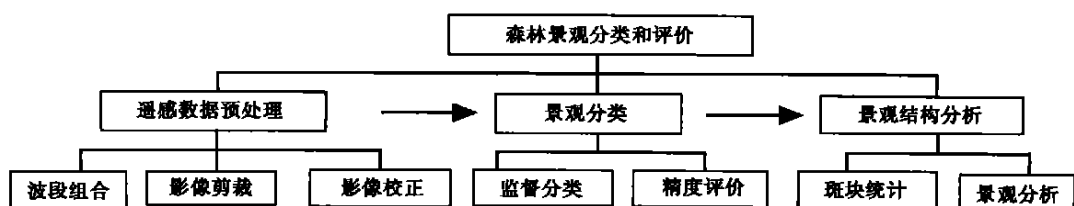


图1 基于遥感影像的森林景观分类和评价技术方法和工作流程

2.4 森林景观分类

2.4.1 景观要素类型划分 景观要素类型划分是按一定的特征把对象区域定义为几种相对均质的土地生态单位,是一个多级细化的结构体系,类型定义详细程度既决定于数据和技术手段可达到的识别程度,也决定于工作目标所需要的分类水平。

2.4.2 监督分类与精度评价 监督分类借助人的经验知识进行^[17],按各个森林景观要素类型设置一定的训练样地(分类聚合中心),然后基于分类模板使计算机系统自动识别具有相同特性的像元。经过建立训练样地、模板精度评价、监督分类、重编码、去斑和消除云阴影干扰、分类精度评价等过程完成分类。分类结果采用 ERDAS 系统中的精度评估方法进行精度评价,通过输入实际类型值,将专题图像中的特定像元与已知的参考像元进行比较而产生分类精度报告^[18]。分类结果的精度要求在 75% 以上,否则需重新修改分类模板再次进行分类。

2.5 森林景观结构与空间格局分析

包括各景观要素斑块特征的统计和景观结构分析。分别统计出各类森林景观要素的斑块数、斑块总面积、斑块平均面积、斑块总周长、斑块平均周长等。景观结构分析包括要素斑块形状、景观破碎化程度和景观粒级结构等的分析和评价。景观破碎化程度可用斑块密度,即单位面积上斑块体数目(个· km^{-2})和单位面积内的斑块面积($\text{hm}^2 \cdot \text{km}^{-2}$)这两个指标表达。景观粒级结构是指景观要素的粗、细粒结构,是自然和人为干扰因素。由于长期森林经营活动的开展,斑块在很大程度上受人干扰。而粒级大小又取决于整个景观研究的尺度^[19]。本研究把斑块体分为 5 类:小斑块 $< 10 \text{ hm}^2$,中斑块 $10 \sim 50 \text{ hm}^2$,大斑块 $50 \sim 100 \text{ hm}^2$,超大斑块 $100 \sim 200 \text{ hm}^2$,巨斑块 $> 200 \text{ hm}^2$ 。

3 结果与分析

3.1 遥感数据预处理结果

研究地区遥感数据在 ERDAS 系统中通过输入、剪裁和几何校正后,经过波段提取,得出具有大地坐标和投影信息的 TM4-3-2 和 TM5-4-3 两种波段组合的两幅金沟岭林场遥感影像,结果显示两幅影像所含植被信息丰富,不同的森林景观要素所表现出的色彩有较大差异,其特点如表 1 所示。

两种波段组合的各类景观要素虽然在色彩上有所差别,但也有其共同点:针叶混交林和无林地的色

调与其它景观要素有明显差别,较易区分;落叶松、红松、云杉等人工针叶纯林的色彩偏淡且较单一均匀,亮度较大;针阔混交林相对阔叶林色彩较深,混交比不同色调会有所变化。

表 1 两种波段组合的森林景观要素色彩表现

	人工针叶 林纯林	针叶混 交林	阔叶林	针阔混 交林	无林地
TM 4-3-2	浅红色	墨绿色	鲜红色	洋红色	天兰色
TM 5-4-3	浅黄色	深紫色	浅绿色	灰绿色	紫红色

3.2 景观要素分类结果

按照 2.4.2 节的方法对不同森林类型和主要树种设计分类试验,表明基于 TM 卫星影像的分类难以有效地区分出不同树种的林分空间分布,但却能明显地识别针叶林、阔叶林和纯林等森林类型。结合森林景观结构和层次分析目标,把金沟岭林场的森林景观要素划分为人工针叶纯林、针叶混交林、阔叶混交林和针阔混交林、无林地等 5 类景观要素。分别为 TM4-3-2 波段和 TM5-4-3 波段组合的影像进行分类,再进行分类精度评估,分类精度分别为 82.0% 和 87.5%,TM5-4-3 波段组合的影像分类精度较高,所以,景观格局评价选用 TM5-4-3 波段组合的分类结果进行,其分类专题图如图 2 所示。



图 2 金沟岭林场森林景观分类图

3.3 景观要素斑块特征

对 TM 5-4-3 波段组合的分类结果进行矢量化处理和景观要素斑块特征统计分析,各类型斑块总面积、平均面积、最大和最小面积以及总周长,平均周长、最大周长和最小周长统计结果如表 2 所示。

表2 五类森林景观斑块面积周长统计

斑块类型	斑块数	面积/hm ²					周长/km				
		总面积	%	平均	最大	最小	总周长	%	平均	最大	最小
针叶混交林	1 136	4 559.31	28.0	4.01	392.14	0.12	1 056.86	48.5	0.93	55.02	0.14
人工针叶纯林	271	801.11	4.9	2.96	68.41	0.12	226.65	10.4	0.84	13.92	0.14
阔叶混交林	986	1 248.32	7.7	1.27	36.04	0.12	523.78	24.1	0.53	9.25	0.14
针阔混交林	1 167	9 048.26	55.6	7.75	2 522.59	0.12	1 656.9	7.6	1.42	360.01	0.14
无林地类	238	615.62	3.8	2.59	187.56	0.12	204.4	9.4	0.86	29.09	0.14
合计	3 798	16 272.62	100				2 177.38	100			

注:黑体部分为本栏目中的最大或最小值(以下各表同)。

表2给出整个金沟岭林场的面积为16 272.62 hm²,与森林资源调查的数据基本一致;各类森林景观要素中,针阔混交林具有最大的斑块数、总面积、平均和最大斑块面积、总周长及平均和最大斑块周长,充分表现出该景观要素类型作为优势地带性植被的基质特征。针叶混交林和针叶纯林是林场经营的主要森林类型,有较高的平均斑块面积;而阔叶混交林主要是由在特定立地条件下形成的块状林分或是在天然针阔混交林中针叶树被利用后形成的次生阔叶林组成,因而具有最小的平均斑块面积和周长。

3.4 景观格局分析

图2所示的分类结果显示了金沟岭林场森林景观在空间结构上的特点。作为该地区顶级群落的天然针阔混交林类型目前仍然是主导的森林类型,在景观空间格局上表现出景观基质要素的特征;而以河流、道路和建筑地为主的无林地景观要素则表现出廊道状的分布,是物质能量在景观格局中自然和人为转移的主要通道;而人工营造的落叶松、红松、云杉等针叶纯林在景观结构中呈斑块状分布;在主要林区道路的两侧,由于长期生态采育更新作业的影响,形成了大量异龄结构的针叶混交林,这个森林景观要素的粒级结构呈现出沿道路向林区内部从大斑块集中到小斑块发散镶嵌的空间分布格局,表现出人为干扰因素和生态系统物质能量扩散的自然梯度分布,是景观结构在没有干扰时将逐渐趋于均质化这一普遍性的一个例证。

3.4.1 斑块形状 根据矢量化后的斑块面积和周长数据计算出金沟岭林场各类景观斑块形状指数如表3所示:

表3 各景观要素类型的斑块形状指数统计

项目	针叶混交林	人工针叶纯林	阔叶混交林	针阔混交林	无林地类
$S_{\text{圆}}$	3.92	2.21	2.20	13.42	3.64
$S_{\text{正方形}}$	3.92	1.96	1.95	11.89	3.22

从统计结果可看出,针阔混交林的形状指数最

大,表明该景观要素类型的形状结构最为松散(如长宽比很大或边界弯延多曲折);其次是针叶混交林和针叶纯林等;阔叶混交林的斑块形状指数最小,其形状最为紧密。由于本地区的原生植被是针阔混交林,多为自然演替过程形成,人为干扰小;而针叶混交林、人工针叶纯林及阔叶林等类型是林场长期生产经营的结果,人为干扰严重,形成的斑块常表现出不规则的复杂形状。根据形状和功能的一般关系,紧密型形状有利于储蓄能量、养分和生物,而松散形状易于促进斑块内部与外界环境的相互作用,尤其是能量、物质和生物方面的交换;所以针叶林、人工针叶纯林、阔叶林有利于继续保持其景观形态,而针阔混交林景观类型可能通过与外界能量、物质和生物方面的交换不仅促进其自身的演替,还影响到其它景观要素的动态发展。

3.4.2 景观破碎化程度 根据矢量化后的斑块面积和周长数据计算出金沟岭林场各类景观要素的斑块密度如表4所示:

表4 各景观要素类型的斑块密度统计

项目	针叶混交林	人工针叶纯林	阔叶混交林	针阔混交林	无林地类
单位面积的斑块数/(个 km ⁻²)	6.98	1.66	6.06	7.17	1.46
单位面积的斑块面积/(hm ² km ⁻²)	28.01	4.92	7.67	55.60	3.78

从表4可看出,针阔混交林单位面积上的斑块数和斑块面积的值最大,其次是针叶林和阔叶林,人工针叶纯林最小;说明针叶林、阔叶林和人工针叶纯林的破碎化程度较高。而作景观基质的针(红松)阔混交林是经过长期演替形成的,部分地段虽然经人为经营利用后转变为针叶纯林及阔叶林,但其作为原生植被的针阔混交林类型还是占绝对优势,体现了森林景观对地域生态环境的适应性发展方向。

3.4.3 景观粒级结构 根据矢量化后各要素斑块分布图统计出金沟岭林场各类景观斑块等级如表5所示:

表 5 各景观要素类型斑块分级统计

景观类型	等级										合计
	小斑块		中斑块		大斑块		超大斑块		巨斑块		
	块数	%	块数	%	块数	%	块数	%	块数	%	
针叶混交林	1 070	94.19	47	4.14	11	0.97	4	0.35	4	0.35	1 136
人工针叶纯林	256	94.46	14	5.17	1	0.36		0.00			
阔叶混交林	968	98.17	18	1.83							986
针阔混交林	1 137	97.43	17	1.46	3	0.25	1	0.09	9	0.77	1 167
无林地类	228	95.80	9	3.78			1	0.42			238
(合计)	3 659	96.34	105	2.76	15	0.39	6	0.16	13	0.34	3 798

注:(1)小斑块 < 10 hm²,中斑块 10 ~ 50 hm²,大斑块 50 ~ 100 hm²,超大斑块 100 ~ 200 hm²,巨斑块 > 200 hm²; (2) % 为该类斑块占总斑块数的百分数。

从表 5 可看出,4 种森林景观要素均是小斑块比例最大,数量上占总斑块数的 96.34%,但只是总面积的 5.69%。在针叶混交林和针阔混交林景观中有超大斑块存在。反映出在长期人工造林和采伐等经营活动对原生针阔混交林景观的干扰影响下,在不同程度和尺度上形成了针叶混交林及针叶纯林等大量小规模景观斑块镶嵌在基质针阔混交林中的森林景观格局;说明了经过长期演替形成的针阔混交林景观仍然保持了主体森林生态系统的角色,而人为干扰造成局部景观破碎化,同时也促进了景观生态系统内部能和物质的交换。

4 结论与讨论

(1) 本研究证明利用遥感影像分类技术可以进行区域森林景观格局结构的快速分类和评价工作。使用基于二类调查数据的地理信息系统数据库辅助遥感影像分类,能弥补目视判读以及由于同谱异物、同物异谱现象及混合象元出现误判的情况,可大大消除云和阴影对分类的干扰。

(2) 通过两种波段组合实验结果表明, TM 5-4-3 波段组合的分类精度较高;在 ERDAS 系统中通过对分类图矢量化可以较容易地获取各类型景观要素斑块的数目、面积、周长等数据,实现景观格局的数量化分析。

(3) 金沟岭林场的四类森林景观要素的粒级结构呈现出从大斑块集中到小斑块发散镶嵌的情况,表现出生态系统间物质能量自然扩散的梯度分布空间格局;四类森林景观要素破碎化程度高但其斑块形状较好,小斑块占绝对比例,针叶林和混交林有超大斑块和巨斑块存在。

(4) 森林景观水平结构分析表明,金沟岭林场森林景观虽然长期受人为经营活动干扰,但由原生植被所形成的森林生态系统类型始终主导着本地区森林景观格局的动态发展,因此,对于森林景观规划和

经营调控应该把原生植被作为主体对象。

参考文献:

- [1] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology[M]. New York: John Wiley & Sons Inc, USA, 1986
- [2] Naveh Z, Lieberman A S. Landscape Ecology: Theory and Application (2nd ed.) [M]. New York: Springer-Verlag, 1994
- [3] Turner M G, Gardner R H, O'Neill R V. Landscape Ecology in Theory and Practice[M]. New York: Springer-Verlag, 2001
- [4] 邬建国. 景观生态学-格局、过程、尺度和等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000
- [5] Baskett E Z. Controlling spatial structure of forested landscapes: a case study towards landscape management [J]. Landscape Ecology, 1999, 14 (1): 83 ~ 97
- [6] 肖笃宁, 钟林生. 景观分类与评价的生态原则[A]. 见: 肖笃宁. 景观生态学研究进展[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1999
- [7] 吴波. 荒漠化土地景观分类与制图[J]. 植物生态学报, 2000, 24 (1): 52 ~ 57
- [8] 郭晋平. 森林景观生态研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001
- [9] 徐化成. 大兴安岭北部林区原始林景观结构的研究[A]. 见: 盛伟彤, 徐孝庆. 森林环境持续发展学术讨论会论文集[C]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 117 ~ 122
- [10] 胡远满, 徐文铎, 郑元润. 长白山自然同龄种群分布格局的研究[J]. 应用生态学报, 1996, 1 (3): 264 ~ 169
- [11] 白梅玲, 李培芬, 张琪如. 福山试验林之景观分类[J]. 中华林学季刊, 2002, 33 (3): 291 ~ 312
- [12] Quattrochi D A, Pelletier R E. Remote sensing for analysis of landscapes: An introduction[A]. In: Turner M G, Gardner R H. Quantitative Methods in Landscape Ecology: the Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity[M]. New York: Springer-Verlag, 1991: 52 ~ 76
- [13] 李书娟, 曾辉. 遥感技术在景观生态学中的应用[J]. 遥感学报, 2002, 6 (3): 233 ~ 239
- [14] 肖红生, 罗富和. 基于小班取证推理的林业遥感数据分类方法研究[J]. 中南林业调查规划, 2001, 20 卷(增刊): 75 ~ 80
- [15] 《吉林森林》编辑委员会. 吉林森林[M]. 吉林: 吉林科学技术出版社, 1988: 118 ~ 126
- [16] 傅肃性. 遥感专题分析与地学图谱[M]. 北京: 科学出版社, 2002
- [17] 周成虎, 骆剑承, 杨晓梅, 等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京: 科学出版社, 2001
- [18] 党安荣, 王晓栋, 陈晓峰, 等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002
- [19] 唐季林, 王新杰. 选部林业局景观结构及生态空间格局分析[A]. 见: 游先祥. 森林资源调查、动态监测、信息管理系统的研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995