

# 基于 RS 和 GIS 额尔古纳国家自然保护区 景观多样性定量分析

龚文峰<sup>1</sup>, 孙海<sup>2</sup>, 刘春河<sup>1</sup>, 于海成<sup>3</sup>, 赵敏<sup>4</sup>

(1. 黑龙江大学 水电学院, 哈尔滨 150086; 2. 内蒙古额尔古纳国家级自然保护区, 内蒙古 莫尔道嘎 022191;  
3. 内蒙古牙克石市林业局, 内蒙古 牙克石 022150; 4. 东北林业大学 生命科学学院, 哈尔滨 150086)

**摘 要:**以 SPOT 4 遥感影像和林相图为主要数据源, RS 和 GIS 软件为数据分析平台, 借助景观生态学的理论和方法, 对额尔古纳国家级自然保护区景观多样性及其空间特征进行定量分析。结果表明: 保护区呈现以针阔混交林、针叶林和阔叶林为主体的交错景观格局, 其它景观类型呈补丁状镶嵌之中; 处于演替前期的森林类型(山杨和白桦林等)的斑块形状构图复杂, 破碎化程度较高, 景观异质性高, 处于演替后期的森林类型(落叶松林等)则刚好相反; 景观多样性指数为 1.259 3, 景观总体的异质性较低, 景观生态结构呈现出不合理性和简单化。研究成果可为该自然保护区生物多样性保护、建设管理和景观规划等提供理论依据和科学基础。

**关键词:**额尔古纳自然保护区; 森林景观; 景观多样性; 空间特征

**中图分类号:** P901

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2013)04-0213-05

## Quantitative Analysis on the Landscape Diversity in Argun National Nature Reserve Based on RS and GIS

GONG Wen-feng<sup>1</sup>, SUN Hai<sup>2</sup>, LIU Chun-he<sup>1</sup>, YU Hai-cheng<sup>3</sup>, ZHAO Min<sup>4</sup>

(1. College of Hydraulic and Electrical Engineering, Heilongjiang University, Harbin 150086, China; 2. Argun National Nature Reserve of Inner Mongolia, Moerdaoga, Inner Mongolia 022191, China; 3. Yakeshi City Forest Bureau of Inner Mongolia, Yakeshi, Inner Mongolia 022150, China; 4. College of Life Sciences, Northeast Forestry University, Harbin 150086, China)

**Abstract:** Choosing the SPOT 4 RS image and forest map as the main data, using RS and GIS and the landscape ecological theory, the landscape diversity and its spatial characteristics in Argun National Nature Reserve of Inner Mongolia were quantitatively analyzed. The study results showed that the present mixed landscape was dominated by coniferous and broad-leaved mixed forest, coniferous forest and broad leaved forest, others landscape types mounted this landscape pattern as patches; the forest types with the early succession periods, such as *Populus davidiana* forest and *Betula platyphylla* forest, was the complicated patch shape structure, highly fragmented and higher heterogeneity, on the contrary for the forest types with the latter succession periods, such as *Larix gmelinii* forest. The landscape diversity index of the entire study region was 1.259 3, which showed a lower heterogeneity and the irrational and simply landscape ecological structure of the whole landscape pattern. The research results can provide theoretical and scientific basis for biodiversity conservation, construction management and landscape planning of Argun River National Nature Reserve.

**Key words:** Argun Nature Reserve; forest landscape; landscape diversity; spatial characteristics

景观多样性(landscape diversity)是指由不同类型的景观要素或生态系统构成的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样性或变异性<sup>[1]</sup>, 包括景观类型多样性、格局多样性和斑块多样性, 是对景观

水平上生物组成多样性的表征<sup>[2-3]</sup>, 已成为生物多样性研究的重要组成部分和内容<sup>[4]</sup>。然而就目前对景观多样性的研究而言, 国内外不同专业背景的学者多侧重于对特定景观类型的多样性研究和景观多样性

时空分异特征分析等方面<sup>[1,5-11]</sup>,对于自然保护区景观多样性的研究相对较少<sup>[12-14]</sup>,针对于边境区域的自然保护区景观多样性的研究则更加稀少。自然保护区作为减缓物种灭绝速率、恢复其生态环境和保护生物多样性的重要区域,研究其景观多样性对该区域内物种分布、迁移及其生态过程具有重要的意义,而研究边境区域自然保护区景观多样性则具有更重要的生态意义,且是今后一个值得关注的研究课题。

内蒙古额尔古纳国家级自然保护区位于大兴安岭,是我国现存原始寒温带针叶林分布区之一,其不仅是我国寒温带针叶林景观的缩影,也是额尔古纳河重要的水源涵养林区。鉴于此,本文借助 RS 和 GIS 技术,完成研究区域遥感图像的分类解译,基于此形成区域景观类型的分类体系,利用景观生态指数研究景观多样性及其空间特征,以期为自然保护区的生物多样性保护、建设管理和景观规划等工作提供理论依据和科学基础<sup>[15]</sup>。

## 1 研究区域概况

内蒙古额尔古纳国家级自然保护区位于大兴安岭北部西麓,与俄罗斯隔额尔古纳河相望,地理坐标为:120°00′26″—120°58′02″E,51°29′25″—52°06′00″N,属于大兴安岭山地寒温带湿润气候区,并具有大陆性季风气候区的一些特征,总的特点是寒冷湿润,冬季漫长。四季气候特征为:冬季寒冷漫长,春季高温多风,降水量少,年降水量 414~528 mm;夏季温凉短促,雨量充沛,降雨强度大,多集中在 7—9 月,占全年降水量的 75%;秋季降温快,初霜早。全区平均海拔 800 m,平均坡度 10°,坡度趋缓,山系不发达,相对高差小,沿额尔古纳河一带,地势更为平缓,沟谷和河谷呈枝、网状散布其间,河网较为发育,河网密度系数达 0.2~0.3 km/km<sup>2</sup>。主要植被类型为兴安落叶松(*Larix gmelini*)为主的原始寒温带针叶林。国家实施天保工程后,该区域的林业经济发展比较缓慢,但森林资源得到了一定的保护,旅游业发展相当迅速,为当地群众提供了新的就业机会。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源及处理

本文的数据主要来源于 2008 年林相图和 2010 年 8 月 SPOT 4 遥感影像数据,其中影像分辨率为 20 m,辅以保护区功能区划、植被类型分布图和二类资源清查数据。利用 Erdas Image 9.2 软件完成遥感影像的假彩色合成和几何校正等,借助于辅助数据和实际的土地利用现状建立影像解译标志,根据 2012

年 7 月利用手持 GPS 完成的典型区域野外调查数据,将调查样点落实到影像上并进行计算机训练运算,采用监督分类的方法完成遥感数据的分类解译。在检验解译精度的基础上,参照 2008 年的林相图和植被类型图,在 ArcGIS 9.2 的支持下,对解译后的图斑进行过滤和合并等处理,生成不同景观类型的分布图,并转化为栅格格式(grid),便于后续统计和景观指数的计算。

### 2.2 景观类型的划分

从整体来看,研究区域的景观格局现状属于以自然景观为主和半自然景观为辅。因此,根据中国科学院的土地分类体系及其自身的土地利用特点,本文将保护区景观划分为 4 个一级景观:林地景观、草地景观、水域景观和未利用地景观,在一级景观分类的基础上,参照保护区植被类型分布图,将研究区域划分为针叶林景观、阔叶林景观、针阔混交林景观、灌丛景观、草地景观、水域景观、湿地景观和未利用地景观(荒山荒地、迹地和裸崖地)8 个二级类型。

### 2.3 景观多样性指数计算

采用 Fragstats 3.3 软件完成研究区域的景观多样性指数计算。对于景观类型多样性主要采用香农多样性(SHDI)、优势度(D)和均匀度(SHEI);景观格局多样性测定主要采用连接度(CI);斑块多样性测定主要采用破碎度(LTFI)<sup>[16]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 研究区域景观总体特征

就研究区域各景观类型面积比例而言(表 1),针阔混交林的面积最大,其比例为 42.59%,其次为针叶林(36%)、阔叶林(16.14%)和未利用地(1.96%),而灌丛的面积比例最小,为 0.48%,可见森林景观(针叶林、阔叶林和针阔混交林)是构成研究区域的主要景观。从景观类型的斑块数目来看,研究区域共有斑块 2 686 个,在各景观类型中,水域的斑块数目最多,达到 569 个,占全部斑块总数的 21.18%,阔叶林次之,为 533 个,灌丛的斑块数目最小,仅为 72 个。就各景观类型的平均斑块面积计算来看,针阔混交林最大,为 2.07 km<sup>2</sup>/个,其它的景观类型依次为针叶林(1.87 km<sup>2</sup>/个)、阔叶林(0.61 km<sup>2</sup>/个)、草地(0.16 km<sup>2</sup>/个)、湿地(0.14 km<sup>2</sup>/个)、灌丛(0.13 km<sup>2</sup>/个)、未利用地(0.08 km<sup>2</sup>/个)和水域(0.03 km<sup>2</sup>/个)。可见,针阔混交林是该保护区的重要景观类型,其面积和平均斑块面积均为最大,该景观类型是经过采伐经营活动后形成的,其中兴安落叶松和白桦混交林占绝大多数;灌丛的面积和平均斑块面积均

为最小,处于相对次要的地位。就额尔古纳河自然保护区的整体景观而言,呈现出以针阔混交林、针叶林和阔叶林为主体的交错景观格局,而其它景观类型呈补丁状镶嵌于该景观格局之中(附图 8)。

表 1 研究区域景观总体特征统计

景观类型	面积比/%	斑块个数/个	平均斑块面积 (km <sup>2</sup> /个)
针叶林	36.00	386	1.87
阔叶林	16.14	533	0.61
针阔混交林	42.59	412	2.07
灌丛	0.48	72	0.13
草地	1.26	157	0.16
水域	0.93	569	0.03
湿地	0.64	89	0.14
未利用地	1.96	468	0.08

3.2 斑块多样性

破碎度在一定程度上反映了指景观要素被分割的破碎程度。(1)就针叶林景观而言,破碎度指数呈现先减小后增大的趋势,在江畔林场达到最小,而在太平林场达到最大,主要归因于江畔林场的大部分森林处于该保护区的核心区,未受到人为干扰,致使大面积的针叶林得以保存,且基本上保持了森林植被的原始状态<sup>[17]</sup>。而西沿江和太平林场的破碎度均大于整个区域该景观类型的破碎度,对于太平林场而言,在保护区没有成立之前,针叶林长期受到过度采伐和经营,部分采伐迹地逐步被灌丛和草地所代替,造成针叶林被灌丛和草地分割和蚕食,加剧了其破碎化程度,致使其破碎度最大,形成灌丛和草地镶嵌于针叶林景观中的格局现状。西沿江林场处于森林和草地的过渡地带,属于低海拔区域,人为干扰活动致使部分针叶林被破坏并演变为牧草地,造成部分针叶林不断被草地分隔包围,破碎化程度加大。野外调查中发现,这一地区还存在着毁林开牧、开垦和滥砍滥伐等不合理的人为活动,违背了建立自然保护区的初衷。这主要是因为当地的部分居民生态保护意识较低,在追求经济利益的过程中,存在着重开发而轻保护的思想意识。今后应尽量减少不合理的人为活动,正确处理好牧民的生存问题和森林保护之间的关系,协调好局部利益和整体利益的关系,制止破坏原生地带性,防止生态环境恶化。(2)阔叶林的破碎度指数表现为一定的曲线变化,在东沿江林场达到最大,而在西沿江林场最小。由于东沿江林场在没有被划入保护区之前,多年受到人类经营活动(森林采伐)的影响,经过采伐后的森林植被白桦和山杨等一些先锋树种侵入,形成新生斑块,致使部分原始针叶林植被逐步

演变为阔叶林景观,阔叶林发生边界扩展侵入和斑块演替的同时,自身景观被其它森林景观分割,形成相对复杂的交错带格局,在加剧自身斑块形状构图复杂的同时,破碎化程度加剧。因此,今后要加大执行国家级自然保护区政策的力度,采用封山育林措施等生态措施,人工促进天然林更新,或者通过自然演替等多种方式相结合的方法,使人为干扰森林景观逐步向原始地带性森林景观自然过渡,保护和恢复保护区内天然林资源,发挥其景观生态功能。(3)对比各林场针叶林和阔叶林破碎度指数可知:处于演替前期的森林类型(山杨和白桦林等)的斑块形状构图复杂,破碎化程度较高,景观异质性高,而处于演替后期的森林类型(落叶松林等)则刚好相反。(4)针阔混交林和灌丛的变化趋势与针叶林相似,都呈现出减小后增大的趋势,且都在太平林场达到最大;草地在东沿江最大,由于当地农牧民对草地资源过分依赖,频繁放牧致使草地退化,草地面积呈现出不断萎缩和被分割的现状,生态环境脆弱。随着该保护区生态移民的推行,破碎化恶化的趋势将得到一定的缓解。而水域的破碎度在太平林场最大,且分别是整个研究区域各景观类型的 27.69 和 11.20 倍(表 2)。

3.3 景观格局多样性

江畔和东沿江林场针叶林的连接度均在 1.0 以上,大于整个自然保护区该类型的数值,表明该景观类型在这两个区域的聚集程度高,在一定范围内形成了明显的集中分布区,致使其平均斑块面积大且破碎化程度较小,且具有较好的连通性。此外,也在一定程度上显示出针叶林作为优势景观类型,对这两个区域的显著的控制作用。东沿江林场的连接度最大,河口林场的最小。阔叶林的连接度指数在西沿江和江畔林场的较大,且西沿江林场的最大,究其原因,针叶林在受人为干预破坏较严重或火烧的地段,是以白桦和山杨等为主的阔叶先锋树种的更新在这些区域大量而普遍的发生,其边界不断地侵入到其它森林类型中,在其适宜范围的局部区域形成相对明显的集中区和复杂的交错格局,空间分布上趋于团聚分布,形成了一定的大型斑块,致使其斑块平均面积较大,聚集程度较高且景观类型的连接性强,也表明了人为干扰景观在一定程度上代替了原始地带性景观。针阔混交林的连接度指数在河口和东沿江林场较大,而在东沿江林场最大。灌丛在河口林场达到最大,西沿江林场次之,而在其它林场均为 0。江口、西沿江和东沿江林场水域的连接度指数均大于 1,且河口林场的最大,而未利用地在太平和江畔林场的连接度指数较大(表 3)。

表 2 研究区域景观斑块多样性指标(LTFI)统计特征

研究 区域	景观类型							
	针叶林	阔叶林	针阔混交林	灌丛	草地	水域	湿地	未利用地
河口林场	0.0051	0.0176	0.0044	0.0626	0.0748	0.0145	0.0630	0.1834
东沿江林场	0.0038	0.0212	0.0033	0.1295	1.7197	0.6892	0.2501	0.1340
江畔林场	0.0029	0.0148	0.0050	0.3384	0.3415	1.3661	0.1554	0.0947
西沿江林场	0.0063	0.0161	0.0069	0.0677	0.0425	0.1615	0.0837	0.1066
太平林场	0.0095	0.0158	0.0073	0.0740	0.0555	3.4590	0.0395	0.0395
保护区	0.0054	0.0165	0.0048	0.0747	0.0621	0.3089	0.0693	0.1191

表 3 研究区域景观格局多样性指标(CI)统计特征

研究 区域	景观类型							
	针叶林	阔叶林	针阔混交林	灌丛	草地	水域	湿地	未利用地
河口林场	0.1835	0.0726	0.3208	0.6536	0	3.8462	0	0.1311
东沿江林场	1.0582	0.2012	0.3390	0	1.5385	1.0623	0.7905	0.1290
江畔林场	1.2337	0.2288	0.2353	0	0	0.7858	0	0.2484
西沿江林场	0.5042	0.3759	0.2897	0.2849	0.6033	1.6129	0	0.2775
太平林场	0.2092	0.1090	0.2413	0	0.3584	0.3905	0.6048	0.2485
保护区	0.5956	0.1339	0.2768	0.1174	0.1307	0.1856	0.1532	0.2366

3.4 景观类型多样性

森林景观多样性指数反映景观要素多少和景观要素所占比例<sup>[8]</sup>。对表 4 各项景观类型多样性指数的计算分析可知,该保护区的景观多样性指数为 1.259 3,与景观最大多样性指数( $H_{\max}=2.079$ )还有 0.819 7 的差距,反映出该保护区景观多样性较低,说明该区域各种景观类型所占比例存在较大的差异性,也表明该区域的整体景观生态特征由某些景观所支配。针阔混交林和针叶林景观类型占优势,两者面积比例之和为 78.59%,共同控制着该区域的整体景观结构(表 1),致使其景观生态结构呈现出不合理性和

简单化,且景观格局态势朝单一化方向发展<sup>[18]</sup>,造成景观异质性较低,这在很大程度上归因于人类的不合理活动和气候的影响,这一现状不仅减弱了区域景观整体的生态系统功能,而且也不利于保护区生物多样性的保护,因此,保护该国家级自然保护区森林资源并优化其景观生态结构势在必行<sup>[14]</sup>,为此,应当加大对森林资源,尤其是地带性植被针叶林的保护力度。西沿江林场的多样性指数最大,说明该林场的各景观类型面积等级的分布相对较均匀,太平林场次之,均远高于研究区域整体的多样性指数,东沿江林场多样性指数最小。

表 4 研究区域景观类型多样性统计

多样性指标	整个保护区	河口林场	东沿江林场	江畔林场	西沿江林场	太平林场
SHDI	1.2593	1.1652	1.0500	1.1763	1.3939	1.3757
D	0.82014	0.9142	1.0294	0.9031	0.6855	0.7037
SHEI	0.6056	0.5604	0.5049	0.5657	0.6703	0.6616

优势度指数反映了一种或几种景观斑块支配景观格局的程度,表示景观多样性对最大多样性之间的偏差优势度<sup>[14]</sup>,从表 4 的分析可知,东沿江林场的优势度最大,为 1.029 4,其次是河口林场,而西沿江林场最小。通过对东沿江林场各景观类型的面积统计可知,森林景观的面积比例为 97.55%,占据着绝对优势地位,其中针阔混交林的面积比例为 50.54%,在面积比例上表现出显著的优势,导致整体景观的异质性较低。可见,人类活动叠加于自然环境的变化是针叶林演变为针阔混交林的重要驱动力。因此,在今后保护区森林生态恢复和建设的过程中,如何构建合理的景观生态结构和调整生态结构的布局是关注的重点。

4 结论与讨论

基于 RS 和 GIS,利用 SPOT 4 遥感影像获取研究区域景观类型现状的基础上,运用景观生态学的原理和方法完成其景观多样性及其空间特征的定量分析,研究结果如下:

额尔古纳国家级自然保护区的整体景观呈现出以针阔混交林、针叶林和阔叶林为主体的交错景观格局,而其它景观类型呈补丁状的镶嵌于该景观格局之中。

斑块多样性分析可知:针叶林、针阔混交林和灌丛景观的破碎度指数的变化趋势相似,都呈现出先减小后增大的趋势,且均在太平林场达到最大;阔叶林

的破碎度指数表现为一定的曲线变化,在东沿江林场达到最大,而在西沿江林场最小;草地的破碎度指数在东沿江达到最大,而水域在太平林场最大,且分别是整个研究区域各自景观类型的 27.69,11.20 倍。

对景观类型多样性指标的分析表明,该保护区的景观多样性指数为 1.259 3,与景观最大多样性指数( $H_{\max}=2.079$ )还有 0.819 7 的差距,反映出该保护区景观多样性较低,少数优势景观控制着该区域的整体景观结构,景观生态结构呈现出不合理性和简单化,且朝单一化方向发展,景观异质性较低。

寒温带针叶林是该区域的顶级植物群落,并为其它生物提供生境条件,但其生境相对比较脆弱。一旦受到强烈的人为干扰和破坏,有可能引起整个生态系统的崩溃。因此,应加大对森林资源的保护力度,在有效保护资源的前提下,构建合理的景观生态结构,实现区域社会经济与湿地生态保护的协调发展。

参考文献：

[1] 王伯荪,彭少麟,郭冻,等.海南岛热带森林景观类型多样性[J].生态学报,2007,27(5):1690-1695.

[2] 傅伯杰.景观多样性分析及其制图研究[J].生态学报,1995,15(4):345-350.

[3] 马克明,傅伯杰,周华峰.景观多样性测度:格局多样性的亲和度分析[J].生态学报,1998,18(1):76-81.

[4] 刘学录,任继周,张自和.河西走廊山地—绿洲—荒漠复合生态系统的景观多样性[J].草业学报,2003,12(4):100-103.

[5] 吴丽娟.北京城市绿地系统景观多样性分析[J].北京林业大学学报,2007,29(2):88-93.

[6] 刘红玉,吕宪国,张世奎.三江平原流域湿地景观多样性及其 50 年变化研究[J].生态学报,2004,24(7):1472-1479.

[7] 潘韬,吴绍洪,戴尔阜,等.纵向岭谷区植被景观多样性的空间格局[J].应用生态学报,2010,21(12):3091-3098.

[8] 管东生,钟晓燕,郑淑颖.广州地区森林景观多样性分析[J].生态学杂志,2001,20(4):9-12.

[9] 邹昶和,李新通,高文兰,等.拉市海流域景观多样性空间特征分析[J].福建师范大学学报:自然科学版,2012,28(3):65-71.

[10] 曾辉,张磊.卧龙自然保护区景观多样性时空分异特征研究[J].北京大学学报:自然科学版,2003,39(4):454-461.

[11] Chia Tsung Yeh, Shu Li Huang. Investigating spatio-temporal patterns of landscape diversity in response tour banization [J]. Landscape and Urban Planning, 2009,93(3/4):151-162.

[12] 王清春,张向辉,张林艳,等.北京喇叭沟门自然保护区森林景观多样性研究[J].北京林业大学学报,2002,24(3):54-60.

[13] 刘小岚,王文杰.汶川地震前后龙溪—虹口自然保护区景观多样性的遥感评估[J].地球信息科学学报,2011,13(2):281-288.

[14] 李瑞,张克斌,边振,等.宁夏哈巴湖自然保护区湿地景观多样性分析[J].干旱区资源与环境,2010,24(11):139-143.

[15] 郭冻,杜世宏,杨一鹏.基于 RS 与 GIS 的广州市森林景观格局时空分异研究[J].地理与地理信息科学,2008,24(1):96-99.

[16] 乌建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2001.

[17] 张国辉.莫尔道嘎林业局植被垂直分布带生态特征与经营目标[J].内蒙古林业调查设计,2010,33(5):52-53.

[18] 王艳芳,沈永明.盐城国家级自然保护区景观格局变化及其驱动力[J].生态学报,2012,32(15):4844-4851.