

Landscape Pattern Scale Effect

—Taking Shangri-La County as an Example

Jianbing Wang

Tourism and Culture College, Yunnan University, Lijiang
Email: 84124715@qq.com

Received: Apr. 30th, 2014; revised: May 5th, 2014; accepted: May 12th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The research of the landscape spatial pattern characteristics is the main content of landscape ecology research. The softwares, ArcGIS 9.2 and Fragstats 3.3, are used to calculate various types of landscape index in Shangri-La, and to conclude the quantitative attribute of various types of landscape index in different special scales. And from the granularity a detail analysis of the landscape of different special scale effect is made, so that we can accurately grasp the landscape pattern in one area and the process of its change with scales. It has a great significance for the further development of the landscape's ecological planning and construction.

Keywords

Landscape Pattern, Scale Effect, Shangri-La

景观格局尺度效应分析

—以香格里拉县为例

王建兵

云南大学旅游文化学院，丽江
Email: 84124715@qq.com

收稿日期：2014年4月30日；修回日期：2014年5月5日；录用日期：2014年5月12日

摘要

景观空间格局特征研究是景观生态学研究的核心内容。利用软件ArcGIS 9.2和Fragstats 3.3对香格里拉县各景观类型进行景观指数计算,得出不同空间尺度上各景观指标的数量特征,从粒度上对景观进行不同空间尺度效应的分析,可准确把握一个地区的景观格局及其随尺度变化的过程,对进一步开展景观生态规划与建设具有十分重要的意义。

关键词

景观格局, 尺度效应, 香格里拉

1. 引言

1.1. 研究背景

近年来尺度问题的研究在生态学中逐渐受到人们的重视,特别是在景观生态学中的研究备受关注[1]。尺度分析是景观生态学及其相关学科的重要内容,其研究与分析思想贯穿景观生态学的始终,是其研究的主脉[2]。景观生态学作为一门兴起已久的学科其研究方法、内容和热点都在不断变动,随着空间信息技术渗透到景观研究中,为景观生态学的发展带来了机遇,同时地形特征的尺度效应、生态学的意义及其对生态过程的影响成为森林景观生态学研究重点[3]。本文以香格里拉县为研究对象,从粒度方面开展对香格里拉县景观空间格局多尺度变化的分析,并在此基础上对研究区景观生态格局的时空异质性变化进行初步探讨。

1.2. 研究目的及意义

随着人口增长、土地利用变化及人类活动对环境产生的压力,使得香格里拉县的土地利用格局及生态环境发生了很大的改变。本文以香格里拉县为研究对象,运用景观生态学原理、尺度原理等相关理论和景观指数法、空间统计法及相关统计年鉴、资料为信息源应用地理信息系统软件和景观分析软件从粒度方面开展对香格里拉县景观空间格局多尺度变化的分析,并在此基础上对研究区景观生态格局的时空异质性变化及其空间分异特征初步探讨,揭示香格里拉县山区景观格局变化与自然生态过程和社会经济活动之间的关系,特别是人为干扰活动与景观格局变化之间的关系。以实现经济效益、生态效益、社会效益多重效益为目标,首先为香格里拉县的可持续发展提供参考;其次也为其它的县或区域的相关研究提供方法;再次为香格里拉县的景观规划实际工作提供依据。

1.3. 国内外研究现状

1.3.1. 景观生态学概述

景观生态学起源于中欧,1938年,德国地理植物学家特罗尔首先提出了景观生态学这一概念。早期欧洲传统的景观生态学主要是区域地理学和植物科学的综合。70年代后,全球性资源、环境、人口、粮食问题日趋严重,加之生态系统思想的广泛传播,使景观生态学得到了很大的发展。它是一门由地理学、生态学、林学、景观规划学等多可融合而衍生出来的一门跨学科的新兴学科。

景观生态学有2大流派,欧洲学派往往以人类的需求为核心,注重大区域上的土地开发利用研究;而北美和澳大利亚学派更侧重于生物、生态过程、尺度、空间格局的因果关系研究。现在,随着遥感、

地理信息系统(GIS)等技术的发展与日益普及,以及现代学科交叉、融合的发展态势,景观生态学正在各行各业的宏观研究领域以前所未有的速度得到接受和普及。

相对于国际上的景观生态学研究而言,我国景观生态学的发展历史还很短暂。从 80 年代初期开始,我国的学术刊物上才正式出现了景观生态学方面的文章。我国景观生态学研究工作真正起步开始于 1990 年以后。1990 年,肖笃宁等在《应用生态学报》第 1 期上发表了《沈阳西郊景观结构变化的研究》一文,该文是我国学者参照北美学派的研究方法而开展的景观格局研究的典范著作。

1.3.2. 景观格局尺度效应研究现状

当前景观格局研究的主要内容集中在两个方面:一是景观格局空间异质性方面的问题,其包含的内容包含景观指数及其空间统计特征分析;二是景观格局的演替时间异质性问题[4]。关于景观格局异质性研究较多,所涉及区域之广类型多,研究区域更是跨度大,如杨国清等人对广州一些地区土地利用景观格局变化进行了探讨;研究类型多样包含流域、平原、山地、丘林、以及脆弱敏感的生态环境,区域大到省、区、市小到城镇、乡、村几乎到处都有研究的足迹,特别是对流域的研究如:黄河、山民江、三门峡水库等地均有涉足。以上研究主要采用数量分析与 GIS 分析相结合的综合方法,根据景观生态学原理有选择的计算一些景观指数对空间格局异质性进行研究,有些文章还结合了马尔科夫过程与元胞自动机模型对土地利用中的景观格局变化进行研究。其次景观格局的分析多局限于二维平面,三维景观空间格局模型还很少见。景观格局分析的目的是为了在看似无序的景观中发现潜在的有意义的秩序或规律[5]。

尺度是一个许多学科常用的概念,通常的理解是考察事物或现象特征与变化的时间和空间范围,因此定义尺度时应该包括 3 个方面:客体(被考察对象)、主体(考察者,通常指人)、时空维。自然现象的发生都有其固有的尺度范围。生态学中的“尺度”一词已有百余年的历史,与其它许多学科相比,生态学家对尺度问题重要性的认识要晚得多。二十世纪七十年代以来生态学研究朝着多尺度、全方位的方向迅猛发展。八十年代中期以后有关尺度的研究呈现指数级的增长。这个时期大尺度下环境和资源管理问题的日益迫切、计算机技术和数字化空间信息技术的飞速发展、北美景观生态学学科的兴起以及等级理论的发展促进了生态学范式由机制研究向机制与空间分析相结合的转变。在 20 世纪 80 年代一些专著和论述对尺度研究做出了重要贡献。Levin 指出,格局与尺度问是一门种群生物学和生态系统相交融的学科,是生态学和应用生态学的综合,当前已成为生态学研究的核心问题。O'Neill 和 Allen[6]等人从生态系统复杂性的角度论述了尺度与等级理论的关系[7],这对于后相关方面的研究打下了坚实的理论基础。近年来国际上的景观生态学会议上尺度问题均是会议的主题之一,在各种期刊发表的相应论文所涉及尺度问题的研究也较多。

与国外对尺度问题的研究相比,国内在这一方面的研究才刚刚萌芽。当前多半与尺度相关的研究一般就是介绍尺度、尺度效应和尺度推绎或尺度转换的概念的问题,简述尺度分析方法和尺度推绎中的核心问题,强调尺度问题在生态学研究中的地位。少数研究逐步涉及探讨用一些空间统计学方法或分维数法进行尺度分析研究,比如徐建华等用半方差分析法研究景观多样性空间变异的尺度效应规律;辛晓平等利用多尺度分维数法测定格局的自相似性、尺度稳定性等级结构特征;还有赵文武[8]等人提出了尺度推绎研究过程的一些思想[3]。

1.4. 技术路线

本研究拟采取的主要步骤包括以下几个方面。

(1) 参考国内外相关领域的研究成果,并参照我国土地利用分类系统相关标准,同时结合香格里拉县的现状,对香格里拉县进行景观类型划分,选取较为适合的景观指数;

(2) 开展香格里拉县外业调查及资料收集,以全县 2006 年全县森林资源规划设计调查(二类调查)数

据为基础,利用软件 ArcGIS 9.2 对数据进行预处理,主要包括数据信息筛选、矢量栅格转换等内容,利用 Fragstats 3.3 分别从粒度方面对各景观类型进行景观指数计算;

(3) 以原始数据(小班矢量图层)为基础,粒度上,采用 5 个不同尺度的空间分辨率进行重采样,分别得到重采样后的栅格数据;

(4) 用景观分析软件对数据进行计算,得到不同粒度下各景观类型的指数特征。

(5) 从粒度方面对香格里拉县景观格局特征及尺度效应进行分析。

2. 研究区概况

香格里拉县位于东经北纬 $26^{\circ}52' \sim 28^{\circ}52'$, $99^{\circ}21' \sim 100^{\circ}19'$ 之间,地处青藏高原南缘,横断山脉腹地,东与四川省稻城、木里二县接壤,西、南与丽江、维西县隔金沙江相望,北与德钦县一衣带水,是滇、川、藏三省区交汇处,是举世闻名的“三江并流”风景区腹地。全县国土面积 1.16 万 km^2 。由于海拔高差较大,高海拔低纬度,气候随海拔变化而变化,有河谷北亚热带、山地暖温带、山地温带、山地寒温带、高山亚寒带和高山寒带 6 个气候类型,立体气候明显[9]。独特的气候和地理环境,为香格里拉禀赋了大量的自然资源。

3. 研究方法及数据处理

3.1. 景观格局分析方法——景观指数法

景观空间格局分析与模拟的软件较多,其中以 Fragstats 3.3 应用最为广泛。该软件于 1995 年由美国俄勒冈州立大学森林学系设计开发,目前最新版本为 Fragstats 3.3,它从三个空间尺度上来计算一系列景观空间格局指数,即斑块水平、斑块类型水平、景观水平。

Fragstats 3.3 软件可以计算多达 277 个景观指标,其中斑块指数 22 个,斑块类型指数 123 个,景观水平指数为 132 个。如何构建一个较为理想的景观指数体系,使之能够完整的描述景观格局特征又不存在冗余。长期以来,由于客观景观的复杂性以及人们认知与研究手段的局限,这个问题一直未能得到解决。实际应用中应该根据不同景观指数的特点和不同的研究目的、研究内容、研究的方法选择合适的景观指数,以便于对研究对象进行最好的定量描述,每一种指数都有特定的公式和生态学意义。

采用数量分析与 GIS 分析相结合的综合方法,根据景观生态学原理有选择的计算一些景观指数对空间格局异质性进行研究;其次景观格局的分析多局限于二维平面,三维景观空间格局模型还很少见。景观格局分析的目的是为了在看似无序的景观中发现潜在的有意义的秩序或规律。

对景观格局指标划分成三类进行,即基本空间格局指标、景观空间构型指标以及斑块特征指标。其中基本空间格局指标包括多样性、均匀度及优势度 3 个指数;空间构型指标包括聚集度、蔓延度、分离度及破碎化四个指数;斑块特征指标是对斑块分型维数的量度。针对本文中主要采用的景观指数的公式和生态学意义用表 1 进行说明。其中,COHENSION 指标在 Fragstats 3.3 软件说明书中指出其生态学意义尚不明确且计算公式复杂,但这一指标在国内相关研究中却有较多应用,尤其是用于斑块连通性探讨,故本文也采用此指标。针对本文中主要采用的部分景观指数的公式用表 1 所示。

3.2. 数据来源

本文研究所采用的主要数据来源有:

从相关网站下载的、二类调查数据、实地调查数据。相关数据说明如下

矢量数据:

(1) 行政边界数据

Table 1. The research is mainly adopt the index of landscape and caption

表 1. 本研究中主要采用的景观指数及说明

景观指数	公式	说明
斑块数	$NP = N$, N 为所有斑块的数目	指某一景观或斑块类型中所有的相关斑块数目, 反映斑块破碎程度。
斑块密度	$PD = N/A$ A 是景观面积	指某一景观或斑块类型中单位面积内的斑块数量, 斑块密度的大小, 直接反映景观的破碎程度。
最大斑块指数	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A}$	反映景观类型优势度, LPI 值大表明该类型景观优势度大, 该项指标用于识别评价范围内占优势度的斑块。
景观形状指数	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}} A$	反映整体景观的形状复杂程度, LSI 越接近1, 整体景观形状越简单; LSI 越大, 则越复杂。
斑块结合度指	$COHESION = 1 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{p_{ij} l_{ij} (P_{ij})}{2 \ln(m)}$	反映景观类型的自然连接性, 用于测量景观类型的空间连接度, 值越大, 说明景观的空间连通性越高。
边界总长度	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$	某一类型斑块的总边界长度, 是景观类型破碎化程度重要指标之一。
面积加权平均分维数	$FRAC-AM = 2 \lg \left(\frac{p}{k} \right) / \ln(A)$	是某景观要素的总面积, 用于描述景观的组成结构, 通过各景观要素的面积可以分析景观的组成成分以及各成分所占的地位。
聚合度指数	$AI = \left[\sum_{i=1}^m \left(\frac{g_{ii}}{\max - g_{ii}} \right) p_i \right] \times 100$	反映斑块聚集程度, 取值大代表景观由少数团聚的大斑块组成。
香农多样性指数	$SHDI = - \sum_{i=1}^m [p_i \ln(p_i)]$ 其值大于或等于0	当斑块类型增加或各类型斑块所占面积比例趋于相似时, 多样性也相应增加, 当各组分比例相等时, 多样性指数最高。

- (a) 云南省界_poly.shp; 1:250,000 比例尺, Beijing 1954 坐标系统;
 (b) 云南州界_poly.shp; 1:250,000 比例尺, Beijing 1954 坐标系统;
 (c) 云南县界_poly.shp; 1:250,000 比例尺, Beijing 1954 坐标系统;
 (d) 香格里拉县界_poly.shp; 1:50,000 比例尺, Beijing 1954 坐标系统;
 (e) 香格里拉县乡镇界_poly.shp; 1:50,000 比例尺, Beijing 1954 坐标系统。

(2) 全县森林资源规划设计调查(二类调查)2006 年原始数据

文件名: 中甸二调_2006.shp;

坐标系统: Beijing 1954;

调查时间: 2006 年;

数据来源: 云南省迪庆藏族自治州林业局资源站。

3.3. 数据预处理

对上述(1)以 2006 年香格里拉县全县森林资源规划设计调查(二类调查)数据为基础, 利用 Arcview 进行数据筛选。据 2003 年国家林业局制定的地类划分标准, 结合本研究的实际需要, 将研究区的土地类型划分为 2 级地类(表 2)。

(2) 在 ArcGIS 下, 利用 Conversion Tools 下的 Feature to Raster 工具, 再利用原始矢量数据, 最终生成空间分辨率 10 m × 10 m、50 m × 50 m、100 m × 100 m、200 m × 200 m、300 m × 300 m 共 5 组衍生栅格数据。输出 5 组 Arc grid 格式的数据文件, 为下一步在景观格局分析软件 Fragstats 3.3 中进行操作提供数据源。

(3) Fragstats 3.3 软件功能强大, 可以计算出 59 个景观指标。这些指标被分为三组级别, 分别代表了不同的应用尺度, 本文研究所用到的两级指标是:

Table 2. The land classification table
表 2. 地类划分表

一级	二级	代码
有林地	冷杉	101
	高山松	102
	栎类	103
	云南松	104
	云杉	105
	其它有林地	106
灌木林地	灌木林地	110
非林地	非林地	120
农地	农地	130
牧地	牧地	140
未成林造林地	未成林造林地	150
宜林地	宜林地	160
水域	水域	170
无立木林地	无立木林地	180
疏林地	疏林地	190
建筑用地	建筑用地	200
苗圃地	苗圃地	210

① 斑块类型级别(class-level)指标，反映景观中不同斑块类型各自结构特征[10]；

② 景观级别(landscape-level)指标，反映景观的整体结构特征。

本研究所选的指标通过景观分析软件 Fragstats 3.3 计算，最后用 Excel 得到分析数据。

4. 数据结果分析

4.1. 纸型、页边距与版式

景观指数分析方法主要利用斑块类型水平与景观水平指数来分析香格里拉县的整个空间组合及形态，主要有分辨率、指数的选取等诸多步骤，通过数理统计分析图和其它示意图相结合，更加直观的表达所研究的成果。景观分析软件 Fragstats 3.3 计算的不同分辨率斑块水平上的景观指数(表 3)和景观水平上的景观指数(表 4)。

从表 3 和表 4 可以看出选取的景观格局指数随空间粒度的变化呈现出不同的趋势，即对于同一类景观来说粒度的变化对景观指数有显著的影响，从而影响景观格局的特征。对空间分辨率不断降低的情况下未出现景观类型的消失可能有两个方面：

(1) 说明香格里拉县整个区域中景观类型中均有较大斑块存在。

(2) 可能是在本次研究中所选择的大尺度还不足以达到让某类景观消失的程度。

其次，本研究还发现采用 Fragstats 3.3 软件计算区域景观格局指数时，栅格大小对计算速度有较大影响，当栅格数据小于一定数值 Fragstats 3.3 计算程序运行速度缓慢。

Table 3. Indices of landscape patch level
表 3. 斑块水平上的景观指数

类型	粒度	斑块类型 面积 CA	景观类型百 分比指数 PLAND	斑块数 NP	斑块 密度 PD	最大斑块 指数 LPI	边界总 长度 TE	面积加权平 均分维数 FRAC-AM	代码
冷杉	10	203,626	17.834	1259	0.1103	3.0424	15,018,010	1.2226	101
	50	203,608	17.8323	1329	0.1164	3.0682	14,160,150	1.2218	
	100	203,662	17.8378	1271	0.1113	3.3743	12,667,400	1.217	
	200	203,636	17.836	960	0.0841	3.4846	10,231,600	1.195	
	300	203,184	17.796	728	0.0638	3.9548	8,670,900	1.1845	
其它有 林地	300	88,209	7.7258	688	0.0603	0.4367	4,675,200	1.1252	106
	10	71,463	6.2589	2217	0.1942	0.1197	9,025,530	1.1379	
	50	71,457	6.2583	2398	0.21	0.1647	8,566,750	1.1343	
	100	71,435	6.2566	2403	0.2105	0.1704	7,715,800	1.1238	
	200	71,708	6.2807	1931	0.1691	0.315	6,214,800	1.1037	
灌木林 地	300	71,460	6.2589	1444	0.1265	0.3792	5,106,300	1.0906	110
	10	170,007	14.8896	3205	0.2807	0.5782	20,245,450	1.2153	
	50	170,022	14.8908	3793	0.3322	1.0766	18,909,250	1.2134	
	100	170,098	14.898	4004	0.3507	1.1419	16,457,000	1.1979	
	200	169,672	14.8612	2949	0.2583	1.8316	12,596,200	1.176	
非林地	300	170,442	14.9283	2045	0.1791	1.7326	10,120,200	1.155	120
	10	109,438	9.5849	2181	0.191	1.2999	11,027,630	1.2237	
	50	109,430	9.584	2626	0.23	1.5612	10,178,650	1.2183	
	100	109,463	9.5873	2643	0.2315	1.616	8,708,800	1.1997	
	200	109,432	9.5849	1759	0.1541	1.3716	6,506,200	1.1722	
农地	300	109,404	9.5822	1180	0.1034	1.5868	5,266,800	1.1564	130
	10	38,161	3.3422	1227	0.1075	0.1281	5,638,830	1.1791	
	50	38,159	3.342	1358	0.1189	0.1301	5,234,150	1.1723	
	100	38,187	3.3446	1346	0.1179	0.131	4,526,900	1.1518	
	200	37,952	3.3241	951	0.0833	0.1331	3,382,600	1.1162	
	300	37,764	3.3076	732	0.0641	0.1372	2,726,100	1.0924	

Table 4. Landscape level
表 4. 景观水平上的景观指数

指数 粒度	景观 面积 TA	斑块数 NP	斑块 密度 PD	边界总 长度 TE	边沿 密度 ED	景观形 状指数 LSI	面积加权平 均形状指数 SHAPE-AM	斑块结合度 指数 COHESION	香农多样 性指数 SHDI	聚合度 指数 AI
10	1141782.71	16,491	1.4443	52,766,980	46.2146	125.367	6.861	99.6702	2.282	97.7023
50	1,141,792	18,440	1.615	49,747,800	43.5699	118.276	7.0366	98.4911	2.282	89.1578
100	1,141,747	18,714	1.6391	44,355,400	38.8487	105.633	6.8845	97.2609	2.2819	80.647
200	1,141,712	14,238	1.2471	35,272,800	30.8947	84.3723	5.9025	94.9371	2.2818	69.1728
300	1,141,740	10,496	0.9193	29,313,600	25.6745	70.3969	5.2945	92.9869	2.2824	61.5145

5. 粒度变化下香格里拉县景观格局特征分析

5.1. 冷杉

(1) CA 和 PLAND 变化

从图 1 总体来看,随着空间分辨率从 10 m 降到 200 m, CA 和 PLAND 走势趋于平缓,没有较大的波动,在空间分辨率为 100 m 时,CA、PLAND 稍有上升;但在空间分辨率从 200 m 降到 300 m 时,CA、PLAND 剧烈下降,冷杉斑块面积(CA)从 203,636 降到 203,184;冷杉所占面积百分比(PLAND)17.836 降到 17.796。说明在小于 200 m 尺度范围内还有很多小面积的斑块存在,随着尺度增加,到 300 m 时尺度的过滤作用充分发挥,冷杉的一些小斑块消失或其它景观斑块合并,导致景观指数发生很大的变化。

(2) NP 和 PD 变化

从斑块数(NP),斑块密度(PD)来看具有相同的走势,随着粒度的变大,除空间分辨率为 50 m 时 NP 和 PD 有稍微的增长,其它空间分辨率下格局指数都是越来越小,而且发生剧烈变化的尺度转折点相同。第一次剧烈下降的空间分辨率都为 200 m,第二次剧烈下降的分辨率同样为 300 m。空间分辨率为 10 m 时斑块数(NP)为 1259;空间分辨率为 50 m 是斑块数(NP)为 1329;空间分辨率为 100 m 时斑块数(NP)为 1271;空间分辨率为 200 m 时斑块数(NP)为 960;空间分辨率为 300 m 时斑块数(NP)为 728。可以看出当空间分辨率不断降低斑块数由 1259 下降到 728,下降率达到 42.17%。当空间分辨率为 10 m 时斑块密度(PD)为 0.1103;空间分辨率为 50 m 时斑块密度(PD)为 0.1164;空间分辨率为 100 m 时斑块密度(PD)为 0.1113;空间分辨率为 200 m 时斑块密度(PD)为 0.0638,下降率达到 42.15%,跟 NP 的下降率差不多。通过以上分析也证明了(1)中分析所得的结果,香格里拉县冷杉的斑块数、冷杉总面积呈现下降趋势。

(3) LPI 和 TE 变化

首先,从总体上看最大斑块数指数(LPI)随空间分辨率的降低,LPI 呈现平缓的上升趋势;而边界总

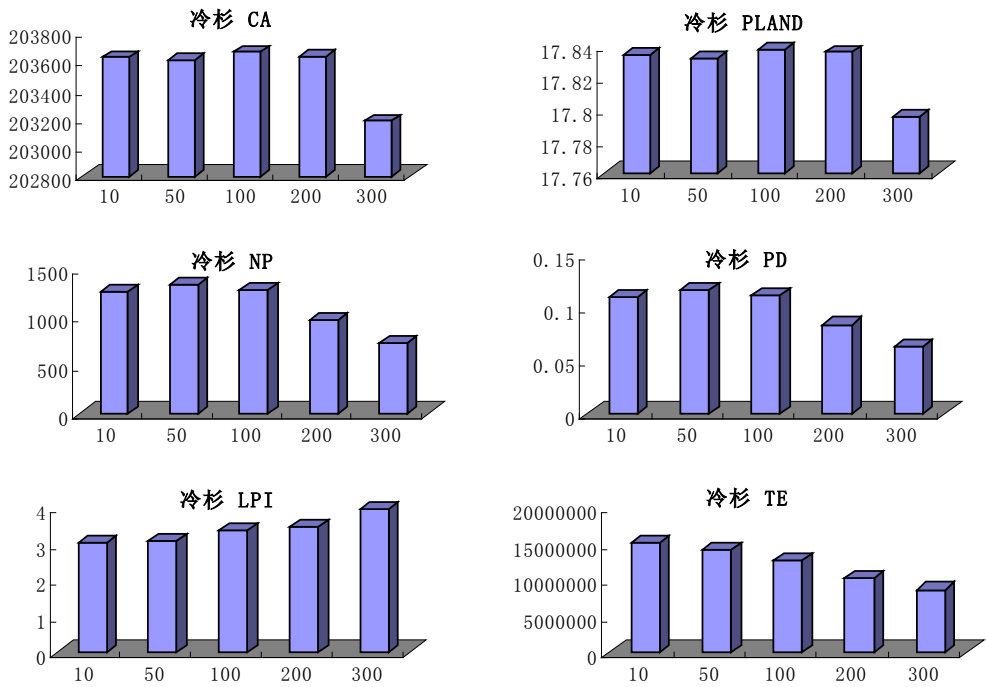


Figure 1. Different scale pattern change chart (the abscissa represents the scale, the ordinate represents a numerical)
图 1. 冷杉不同尺度格局变化图(横坐标表示尺度, 纵坐标表示指数值)

长度(TE)随空间分辨率的降低, TE 呈现平缓的下降趋势, 刚好与 LPI 的走势相反。其次, 对于 LPI 当空间分辨率由 10 m 降到 200 m 走势处于一个平稳状态, 没有太大的起伏, 空间分辨率降到 300 m 时开始有一个大的上升, 空间分辨率从 10 m 降到 300 m, LPI 值从 3.0424 上升到 3.9548 上升率为 29.99%并不是很高, 因此可以判断, 最大斑块数指数(LPI)对尺度变化不敏感, 其优势度在逐渐增强, 可能的原因是冷杉林地分布集中成片; 对于 TE 走势呈现平稳下降状态没有大的起伏, 当空间分辨率从 10 m 降到 300 m, 边界总长度(TE)从 15,018,010 降到 8,670,900, 下降率达到 42.26%。可以判断随着空间分辨率的不断下降冷杉的一些小斑块逐渐消失, 可能被整合到其它大的景观斑块中。

小结: 通过分析 CA、PLAND、NP、PD、LPI、TE 6 个指数可知, 随空间分辨率降低, 冷杉的斑块数、斑块面积、斑块密度逐、斑块百分比和边界总长度渐在减少, 一些小的斑块消失; 最大斑块指数值在增加, 可知冷杉的大斑块的优势不断增强; 面积加权平均分维数在降低, 冷杉斑块的形状的复杂度在不断降低, 趋于正方形。

5.2. 灌木林地

(1) CA 和 PLAND 变化

从总体趋势看, 斑块类型面积(CA)和斑块面积百分比(PLAND)走势基本一样, 当空间分辨率从 10 m 降到 100 m, CA 和 PLAND 都是处于缓慢的上升状态, 而且上升的幅度也不大; 空间分辨率降到 200 m 时, CA 和 PLAND 都出现急剧下降; 而空间分辨率降到 300 m 时, CA 和 PLAND 又出现急剧上升的状态, 且上升幅度也较大。可以看出, 对于灌木林地空间分辨率 200 m 是 CA 和 PLAND 分是一个转折点, 2 个指数对分辨率 200 m 的尺度较为敏感且斑块的过滤作用和合并作用最强。

(2) NP 和 PD 变化

总体上看斑块数(NP)和斑块密度(PD)走势很相似, 都是先升后降, 上升的幅度基本一致, 而且下降的幅度比上升的幅度微大, 峰值都出现在空间分辨率为 100 m 时, 其值分别为 4004 和 0.3507; 而谷值夜都出现在空间分辨率为 300 m, 其值分别为 2045 和 0.1791。NP 和 PD 从空间分辨率 100 m 降到 300 m 下降率分都为 48.93%。可以看出灌木林地斑块数(NP)和斑块密度(PD)对于小尺度并不敏感, 而对于大尺度表现出较大的敏感性。

(3) LPI 和 TE 变化

对于最大斑块数(LPI)图形呈现阶梯状空间分辨率从 10 m 到 50 m, LPI 有一次大幅的上升, 上升率达到 86.20%; 空间分辨率从 50 m 到 100 m, LPI 趋于平稳略有上升, 但不明显; 空间分辨率从 100 m 到 200 m, LPI 又有一次大幅度的上升, 上升率为 60.40%; 空间分辨率从 200 m 到 300 m, LPI 又趋于平稳, 但略有下降。从图 2 可以看出峰值出现在空间分辨率为 200 m 时, 对于斑块边界总长度(TE)总体呈现平稳下降趋势, 空间分辨率从 10 m 降到 300 m 的过程中, 不同于 LPI 的是, 下降过程中没出现急剧下降的状态。TE 的峰值出现在空间分辨率为 10 m 时, 其值为 20,245,450, 谷值出现在空间分辨率为 300 m 时, 其值为 10,120,200, 整个过程中下降率为 50.01%。在此尺度上灌木林地的小斑块消失, 结合斑块百分比可以看出破碎化较小, 没有出现大的起伏。

小结: 从以上 6 个景观指数的分析可以看出空间分辨率从 10 m 降到 300 m 时, 灌木林地的面积和所占百分比都达到最大值; 而斑块数、斑块密度和边界总长度达到最小值; 此时大斑块的优势度得以体现, 小斑块消失; FRAC-AM 达到最小值斑块形状复杂程度较低, 趋于正方形。

5.3. 非林地

(1) CA、PLAND 和 NP 和 PD 变化

首先, 从图 3 可以看出 CA 和 PLAND 呈现相同的走势, 剧烈变化最大的尺度在中间, 空间分辨率

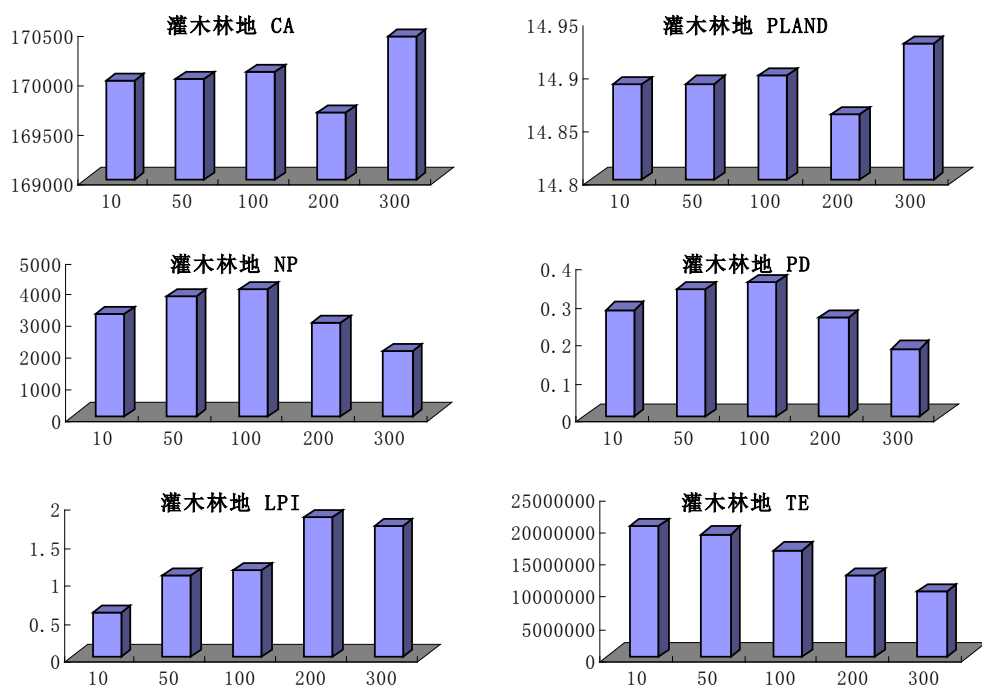


Figure 2. Different scale pattern variation of shrub land (The abscissa represents the scale, the ordinate represents a numerical)
图 2. 灌木林地不同尺度格局变化图(横坐标表示尺度, 纵坐标表示指数值)

为 100 m; 当所选尺度最大时, CA 和 PLAND 值最小。其次, NP 和 PD 呈现相同走势, 峰值出现在空间分辨率为 100 m, 发生剧烈变化的阶段为空间分辨率 100 m 到 200 m 时, CA 和 PLAND 从平稳走势到剧烈变化, 表明随着尺度的增加非林地的斑块面积也在不规则的变化。

(2) LPI 和 TE 变化

对于非林地景观而言, 最大斑块指数(LPI)和边界总长度(TE)没有表现出像冷杉和灌木林地一样完全相反的走势。对于 LPI 来说, 空间分辨率从 20 m 到 300 m, LPI 表现出不规则动态, 最大值出现在空间分辨率为 300 m 时, 结合 CA 的变化看, 景观的敏感性较强, 破碎化呈现不规则动态, 破碎化程度最高的尺度应该是空间分辨率为 100 m。

小结: 整体来看非林地景观斑块敏感度较强, 除空间分辨率为 100 m 时, 一些指数有大幅的升降, 其它尺度下都表现平稳; 最大斑块指数的变化并不是很大, 表明区域内有优势斑块存在, 主导作用没有得到有效的发挥。

5.4. 农地

(1) CA、PLAND、NP 和 PD 变化

CA 和 PLAND 随着尺度的变化表现出不规则状态, 空间分辨率从 10 m 到 200 m, 除了空间分辨率为 200 m 时有一点上升, 总体趋于平缓。但到空间分辨率为 300 m 时, 剧烈上升。NP 和 PD 在空间分辨率为 100 m 时最大, 在空间分辨率为 300 m 时最小, 结合 CA 和 PLAND 的变化可知: 在空间分辨率为 300m 时, 农地面积最大, 所占百分比最高, 斑块数最少, 斑块密度最小。

(2) LPI、TE 变化

最大斑块指数(LPI)空间分辨率 10 m 到 5 m 没明显变化; 空间分辨率 50 m 到 100 m 下降幅度较大, 其值从 0.2277 下降到 0.1982, 下降率达 12.96%; 当空间分辨率从 100 m 到 300 m, LPI 值没有大的浮动。

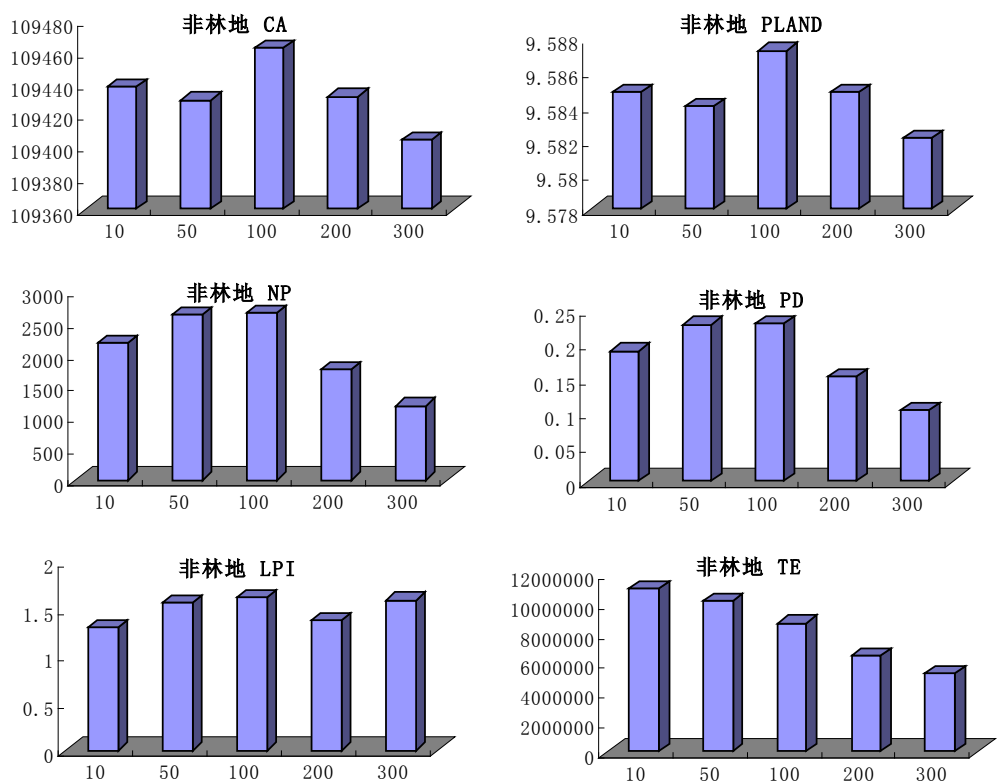


Figure 3. Different scale pattern variations of non forest land (the abscissa represents the scale, the ordinate represents a numerical)

图 3. 非林地不同尺度景观格局变化图(横坐标表示尺度, 纵坐标表示指数值)

农地的边界总长度在尺度(TE)在空间分辨率为 10 时最大, 其值为 5,505,180; 尺度增加, 其值逐渐减小, 到空间分辨率为 300 m 时, 其值最小为 2,880,000, 下降率为 47.69%, 总体下降幅度较大。所以可以判断, 空间分辨率为 300 m 时农地最大斑块的优势度并不明显; 另外, 边界总长度也较短, 结合(1)的结论可知农地的破碎化程度低, 小斑块被大斑块合并连成一片, 斑块呈现聚集状态。从对香格里拉县的实地调查不难发现, 农地主要集中在坝区, 居民住宅和其它类型的用地镶嵌在其中且较分散, 空间分辨率为 300 m 时, 农地可能合并了一些小块的居民地和其它用地(图 4)。

6. 斑块类型水平多尺度格局指数综合分析

斑块类型多尺度格局综合分析有利于对不同类型的景观格局进行横向比较, 充分了解景观指数的变化; 对同一景观类型同一景观指数不同粒度进行比较, 直观形象的反映景观类型的不同粒度变化情况, 有利于掌握尺度拐点, 全面分析景观的尺度效应。

(1) 景观类型面积(CA)和景观类型百分比指数(PLAND)

从上图的 CA 和 PLAND 可以看出 5 种景观类型 CA 和 PLAND 随粒差异很小, 5 条粒度线变化走势一致。粒度变化没发生景观类型的消失, CA 和 PLAND 属于弱敏感尺度效应指数。不同粒度下景观类型面积(CA)和景观类型百分比指数(PLAND)排序依次是: 冷杉 > 灌木林地 > 非林地 > 其它有林地 > 农地。

(2) 斑块数(NP)和斑块密度(PD)

首先, 从上图显示每种景观类型的不同粒度的 NP 和 PD 都不同, 但走向基本一致, 空间分辨率为 100 m 时, 5 个景观的斑块数都最多, 密度最大, 景观的破碎化程度较高。其次无论粒度怎样变化灌木林

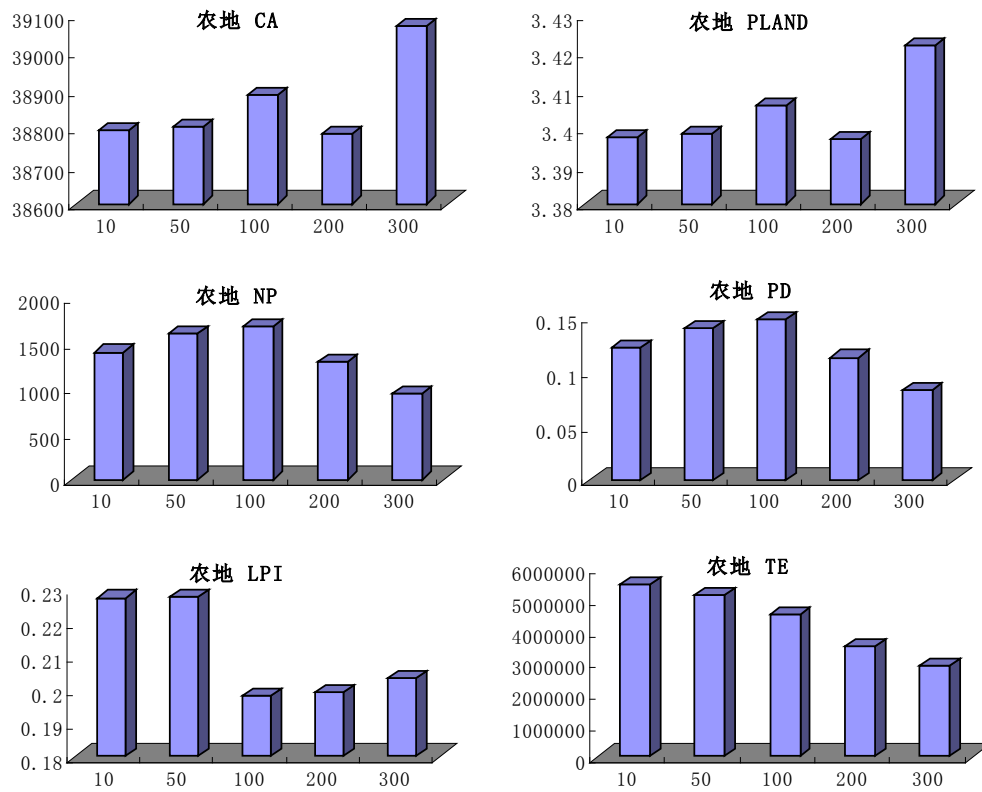


Figure 4. Different scale pattern variations of non forest land (the abscissa represents the scale, the ordinate represents a numerical)

图 4. 非林地不同尺度景观格局变化图(横坐标表示尺度, 纵坐标表示指数值)

地的最大斑块指数和斑块密度始终最大。结合香格里拉县的实际情况看, 灌木林地一般都比较分散, 不容易连接成片, 随着尺度的增加破碎度增强, 但面积还是比较大。冷杉和农地都是面积比较大的斑块, 尺度影响其破碎度较低。

(3) 最大斑块指数(LPI)

从图 5 上可以看出, 无论粒度怎样变化, 冷杉最大斑块指数始终最大, 而农地最大斑块指数最低。从实地调查可知香格里拉县是一个以林业为主导的县区, 森林覆盖度比较高。农地基本分布在平缓地区, 相对于整个香格里拉县来说是零星分布的。

(4) 边界总长度(TE)

从图可以看出来无论粒度怎样变化, 灌木林地的 TE 最大, 而且空间分辨率为 10 m 时各个尺度上都是最大值, 随着空间分辨率降低, 灌木林地的 TE 迅速降低, 在整个过程中, 农地的边界总长度受尺度的影响最小, 其原因可能是农地受人类活动的影响较大, 道路、沟渠和住宅在等分割了农地, 使农地的斑块总长度增加。

综上所述可知: 冷杉的斑块面积、景观类型百分比指数和最大斑块指数最大; 灌木林地的斑块数在同一尺度下最多, 斑块密度最大, 边界总长度最长, 冷杉的最大斑块指数最大, 冷杉的最大斑块指数最大。其次, 5 种景观均表现出相似的变化趋势, 随着尺度不断变大, 最大斑块指数迅速减小, 斑块数、斑块密度和边界总长度呈现上扬后下降, 说明各个景观类型小斑块面积较多, 随尺度的增加一些小的斑块消失, 小斑块被合并。

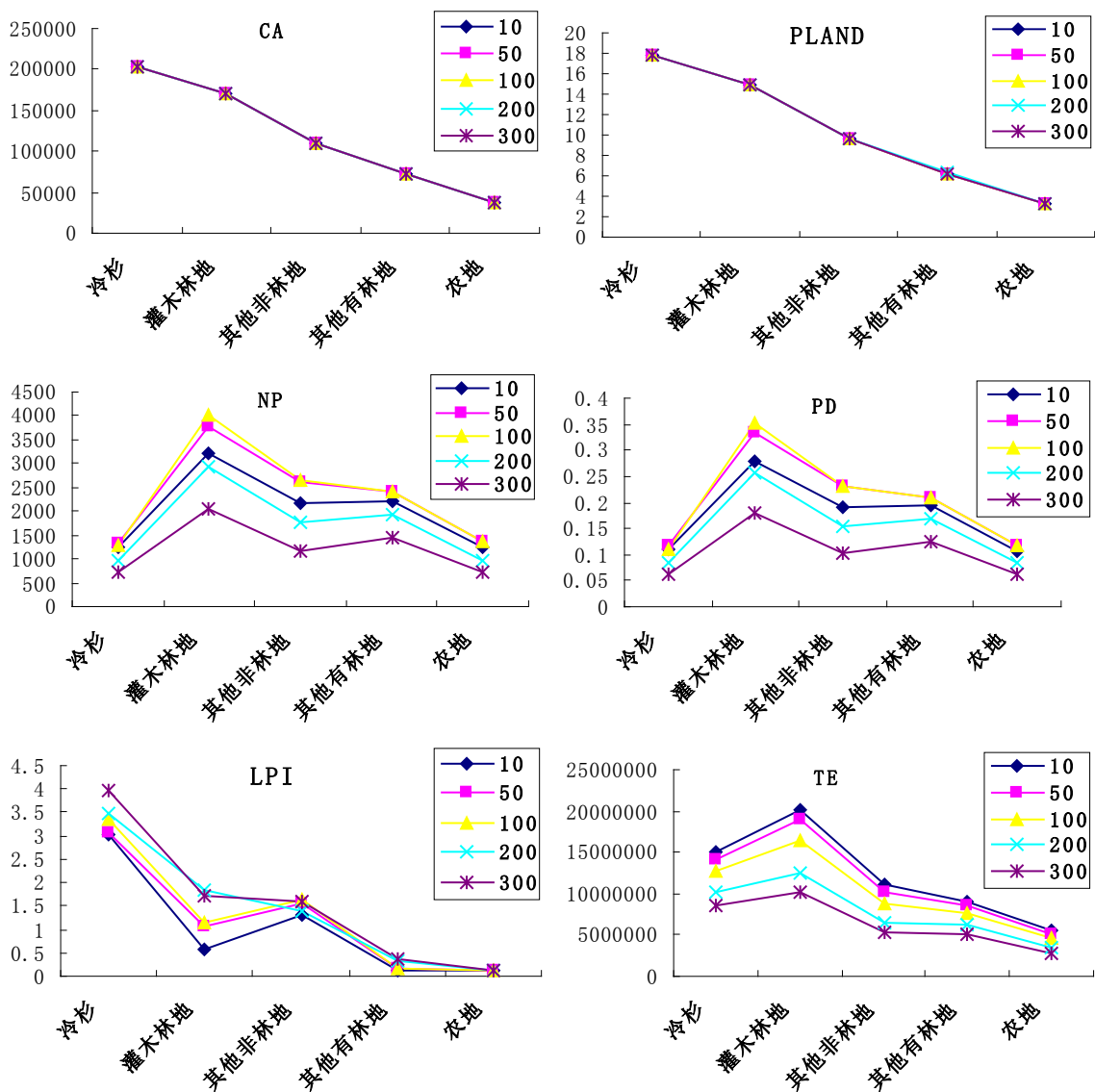


Table 5. Various types of landscape index of multi-scale picture (the abscissa represents the scale, the ordinate represents a numerical)

图 5. 景观指数各景观类型多尺度综合图(横坐标表示尺度, 纵坐标表示指数值)

7. 景观水平多尺度格局指数分析

(1) 斑块类型面积(TA)、斑块数(NP)

以上几个指数是描述斑块面积及组成特征的指数。图 6TA 图反映随空间分辨率变化景观类型面积呈不规则的变化, 这种变化是矢量数据栅格化过程中原本平滑的边界呈现锯齿状变化的原因。因此, 可以推测随着空间分辨率变化的变小, 上下波动的幅度将会更剧烈。

从 NP 图可知空间分辨率最大时, 景观斑块数为 16,491, 随着空间分辨率的降低到 300 m 时斑块数有小幅度的增加, 空间分辨率继续降低, 对小斑块的过滤增强, 斑块数减少。说明各种组分的斑块大多数为小面积斑块, 研究区部分景观类型的破碎化现象很严重。斑块数降幅最大出现在空间分辨率为 100 m~300 m 的区间。

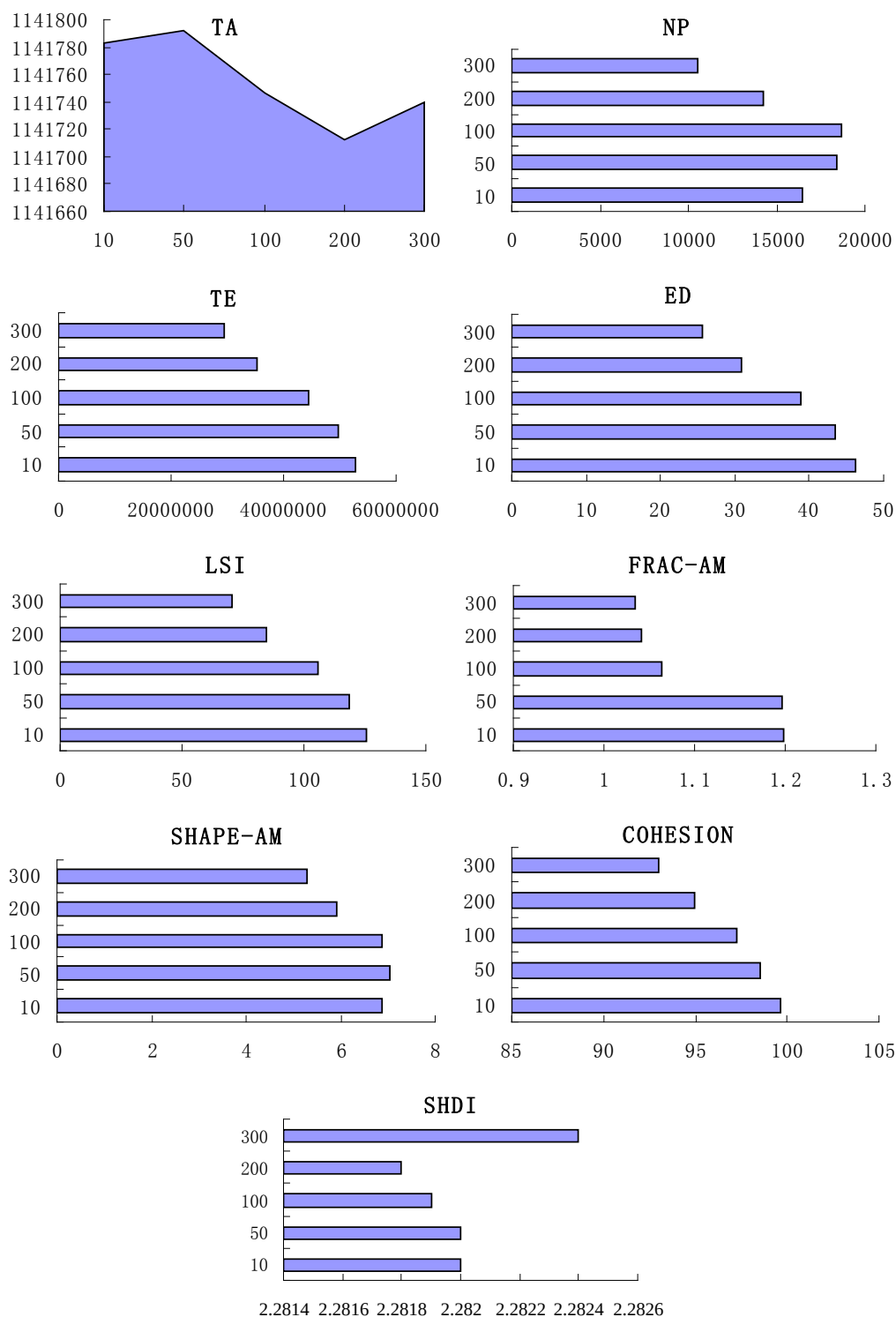


Table 6. Landscape level of different spatial resolution pattern index diagram (the abscissa represents the scale, the ordinate represents a numerical)

图 6. 景观水平不同空间分辨率格局指数图(横坐标表示尺度, 纵坐标表示指数值)

(2) 边界总长度(TE)和边沿密度(ED)

TE 和 ED 表现为平稳下降趋势,表明区域内各类景观要素的空间形状趋于规则化和简单化,其主要原因是随着空间分辨率的降低小斑块消失被其它起主导作用的大斑块合并,所以边界总长度和边沿密度降低。

(3)景观形状指数(LSI)

LSI 数反映景观缀块形状的复杂程度,LSI 越接近 1 景观整体形状越简单;LSI 越大景观形状越复杂。当景观面积变化小时,LSI 变化趋势应与斑块边界总长度相似。LSI 图显示随空间分辨率变大 LSI 也变大,说明空间分辨率高时香格里拉县的景观格局变得更复杂无规则。

(4) 面积加权平均形状指数(SHAPE-AM)和面积加权平均分维数(FRAC-AM)

SHAPE-AM 是斑块形状复杂程度比较敏感的格局指数同时也是度量景观形状的一个重要指标。当斑块形状在最大程度上紧凑时,即类似正方形时,SHAPE-AM 值为 1;当斑块形状趋向复杂时,SHAPE-AM 值会逐渐增加,没有上限。从 SHAPE-AM 图显示空间分辨率为 300 m 时斑块形状最简单;空间分辨率为 50 m 时斑块形状最复杂。空间分辨率大于 100 m 是 SHAPE-AM 值趋于稳定。FRAC-AM 是度量景观形状的另 1 个重要指标。当 FRAC-AM 接近 1 时,斑块形状接近正方形,越接近 2 时形状复杂度越高。从图可知,总体讲空间分辨率降低 FRAC-AM 值降低,在空间分辨率为 50 m 时剧烈下降。这是因为随空间分辨率降低,景观过滤作用增强,小斑块被过滤,使得斑块的不规则边界迅速变平滑,内缘比增加,斑块形状更接近正方形,景观复杂程度显著降低。可以看出,SHAPE-AM 和 FRAC-AM 2 个指标所体现出来的景观类型形状特征较为一致。

(5) 斑块结合度指数(COHESION)

COHESION 是量化景观类型的自然连通性[11]。其值越大连通性越高,便于个景观类型间的物质迁移。若遇到一定阻塞则斑块间的连通性会降低。如沙漠地区就比森林区的连通性好,沙漠的 COHESION 值也比森林区高。从图可知,随着空间分辨率降低 COHESION 值也降低,说明低空间分辨率下香格里拉县各景观间的连通性越差,高空间分辨率下香格里拉县各景观间的连通性越好,当空间分辨率降低时香格里拉县境内的金沙江、纳帕海、碧塔海、冲江河、山谷、哈巴雪山和其它较高的山脉阻碍了各景观间的连通性。

(6) 香龙多样性指数(SHDI)

SHDI 主要受景观类型数量和各类型斑块所占面积比例相似程度的影响[12]。从 SHDI 图可以看出随着空间分辨率的降低,除了空间分辨率为 300 m 时波动较大,其它空间分辨率下趋于稳定,说明空间分辨率为 300 m 时相对于其它空间分辨率 SHDI 较高,斑块所占面积比例更趋于相似。SHDI 图表现出对空间分辨率变化的不规则性,结合 NP 图分析可知空间分辨率变化对斑块数影响较大时,SHDI 变化也显著。

8. 结论与讨论

本文采用的指数可分两类:一类为空间分辨率强敏感指数,此类指数随空间分辨的变化其波动程度较大,如:斑块数、景观形状指数等;而另一类指数空间分辨率弱敏感指数,波动较小,如:斑块面积和香龙多样性指数。通过大量的分析表明:景观格局指数和景观格局特征具有尺度效应;很多指数随尺度变化趋势相似,有的差异很大;很多景观类型的格局变化情况也存在相同之处。

香格里拉县 50 m 空间分辨率各景观指数如表 5 所示。结合前面表 3 与表 4 以及图 1 和图 2 可以看出,香格里拉县以林地较多,且与乔木和灌木林为主,林地比较集中,并且连贯成片,研究区城镇建设和农业用地斑块破碎化不严重,比较集中基本分布在坝区,土地利用较集中;但从实际看农村规划不科学,由于香格里拉自身文化和经济差异的原因,农村比较分散,破碎化程度高,从表 5 中的 $LSI = 118.276$ 可知香格里拉县形状不规则,这主要是该区的地质构造影响使得边缘不规则偏离正方形。该区景观多样性指数值为 2.282,其值较大说明对生态稳定还是有利。斑块结合度指数为 98.491,其值较高,说明香格里拉

Table 5. Landscape level spatial resolution of 50 m landscape index table in Shangri-La
表 5. 香格里拉县景观水平 50 m 空间分辨率景观指数表

指数 粒度	斑块数 NP	斑块 密度 PD	边沿 密度 ED	景观形状 指数 LSI	面积加权平 均分维数 FRAC-AM	面积加权平均 形状指数 SHAPE-AM	斑块结合 度指数 COHESION	香农多样性 指数 SHDI	聚合度 指数 AI
50	18440	1.615	43.5699	118.276	1.1966	7.0366	98.4911	2.282	89.1578

拉县景观类型的自然连通性好，有利于景观类型间的物质和能量迁移畅通。

近年来以经济效益为最大化目标的发展模式使得森林被砍伐、土地退化、生物多样性丧失等问题不断加剧，土地资源的生态环境需得到重视[13][14]。研究区森林生态旅游活动处于开发初期，基础设施建设是景观格局动态变化的直接原因。例如研究区内的道路建设，道路直接分割了很多景观斑块，直接导致局部地区景观格局发生剧烈变化。随着旅游活动的开展，研究区人类活动也日益频繁，由此给景观格局变化带来了深远的影响。随着基础设施的完善，香格里拉县的国家森林公园接待的游客日渐增加，游客活动的范围也在不断扩展，景区车辆的活动范围和频度也在增加。人类和车辆活动产生大量的固体废物污染和大气污染，给生态环境带来了很大的影响，推动景观格局持续不断的发生改变。

研究区处于森林生态旅游开发初期，更注重对景区硬件设施的建设，而忽略了软件设施建设的重要性。在开发中对生态环境保护的认识不足，出现了“重建设、轻保护”的局面。如在对景区垃圾等就行处理中并未分类处理，甚至对很多地方的垃圾处理不及时，很多废水、固体废弃物均直接倾倒入河流之中，这必将对生态环境产生直接地影响，进而影响到整个研究区的物质和能量流动，对景观格局的变化同样具有深远地影响。结合香格里拉县景观的空间格局的分析，对景观类型进行林相的改造和建设。

首先，加强森林景观建设，加快景观改造，增加树种、丰富景观，改造森林质量；其次，进行人为干扰对林区森林景观的影响的研究，关注森林景观生态过程的研究；再次，恢复自然景观基质，保护不可建设用地，结合旅游，建造特色景观。

参考文献 (References)

- [1] 丁运华 (2000) 关于生态恢复几个问题的讨论. *中国沙漠*, **3**, 341-344.
- [2] 常学礼, 赵爱芬, 李胜功 (1999) 生态脆弱带的尺度与等级特征. *中国沙漠*, **2**, 115-120.
- [3] 覃纯 (2008) 东宝区多尺度景观格局分析. 硕士学位论文, 华中师范大学, 武汉.
- [4] 肖笃宁, 布仁仓, 李秀珍 (1997) 生态空间理论与景观异质性. *生态学报*, **5**, 453-460.
- [5] 肖笃宁 (2010) 景观生态学. 第二版, 科学出版社, 北京, 6.
- [6] Allen, T.F. and Starr, T.B. (1982) *Hierarchy: Perspectives for ecological complexity*. University of Chicago Press, Chicago.
- [7] 张娜 (2006) 生态学中的尺度问题: 内涵与分析方法. *生态学报*, **7**, 2341-2355.
- [8] 赵文智, 程国栋 (2001) 干旱区生态水文过程研究若干问题评述. *科学通报*, **2**, 1851-1857.
- [9] 迪庆州人民政府 (2014) 迪庆概览. <http://www.diqing.gov.cn/mldq/dqgl/>
- [10] Bastian, O. (2001) Landscape ecology: Towards a unified discipline? *Landscape Ecology*, **16**, 757-766.
- [11] 吕一河, 傅伯杰 (2001) 生态学中的尺度及尺度转换方法. *生态学报*, **12**, 2096-2105.
- [12] 张彤, 蔡永立 (2004) 谈生态学研究中的尺度问题. *生态科学*, **2**, 175-178.
- [13] 香格里拉县统计局 (2008) 国民经济统计年鉴.
- [14] 徐建华, 岳文泽, 谈文琦 (2004) 城市景观格局尺度效应的空间统计规律——以上海中心城区为例. *地理学报*, **6**, 1055-1067.