

基于最佳粒度的生态移民安置区 土地利用景观格局分析

——以宁夏红寺堡区为例

叶均艳¹, 王亚娟¹, 刘小鹏^{1,2}, 韩晓佳¹, 温胜强¹

(1. 宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021; 2. 宁夏(中阿)旱区资源评价与环境调控重点实验室, 银川 750021)

摘要:以宁夏红寺堡区为例,采用 2015 年遥感影像,综合运用遥感、GIS 手段、景观指数法等多种研究方法,从景观的要素构成及景观形态、不同景观的空间关系和景观空间构型 4 个方面来研究了景观格局的粒度变化效应,并确定了最佳粒度值,根据最佳粒度进行了研究区景观格局分析。结果表明:粒度与景观指数都具有相关性且粒度与部分景观指数拟合效果较好,确定最佳粒度为 80 m;草地为研究区主要景观类型且草地景观优势明显,占景观总面积的 61.8%,是基质景观;研究区耕地和林地景观分布较为均匀;景观形状指数为 31.229,分维数为 1.040 1,表明景观整体主要由团聚的大斑块组成,形状复杂程度适中,蔓延度指数为 65.254 7,表明破碎化程度不高,稳定性较差,不利于土地利用景观格局现状的维持。

关键词:生态移民安置区;最佳粒度;景观指数;景观格局;红寺堡区

中图分类号:X171;F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)02-0300-07

Landscape Pattern Analysis for Resettlement Area Based on Optimal Grain Size

—A Case Study in Hongsibu of Ningxia Hui Autonomous Region

YE Junyan¹, WANG Yajuan¹, LIU Xiaopeng^{1,2}, HAN Xiaojia¹, WEN Shengqiang¹

(1. College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. Key Laboratory of Resource Assessment and Environmental Control in Arid Region of Ningxia, Yinchuan 750021, China)

Abstract: We selected Hongsibu as the study area, and used the remote sensing data of 2015 and RS, GIS and Fragstats 3.3 to explore landscape index characteristics with grain size change and the area loss, and ultimately determined the optimal grain size for analyzing land-use landscape pattern. We considered four aspects of landscape elements: spatial pattern, spatial form, spatial relations and spatial configuration. The results showed that some landscape indices and grain size could be fitted to a mathematical relationship, and the determined optimal grain size was 80 m. Grass was the main land-use landscape type across the study area, accounting for 61.8%, the distribution of cultivated land and forest land in the study area is more uniform. The whole landscape was small heterogeneity and composed of large patches. The shape complexity was moderate, the degree of fragmentation was not serious and landscape stability was poor.

Keywords: resettlement area; optimal grain size; landscape index; landscape pattern; Hongsibu

景观格局的分析主要是从景观的空间配置和空间结构两方面进行分析,并且在尺度上都具有较强的依赖性^[1-3]。在景观生态学中,往往以粒度(grain)和幅度(extent)来表达尺度^[4-5]。粒度效应研究的重要

意义在于对大尺度进行研究时,要跨尺度推绎,对小尺度下的数据信息进行聚合以及各尺度之间的信息转移^[6-8]。生态移民安置区的粒度研究对移民安置区的生态安全和生态网络构建具有极其重要的意义。

尽管现在对景观指数的粒度研究较多^[9-12],但是生态移民安置区选择最佳粒度方面的研究还不多。

生态移民是一种特殊的人口迁移类型,是指将县内生态十分脆弱且为贫困的村落搬迁至县内或县外生态环境质量较好且经济较发达的区域的过程,其在内涵上同于易地扶贫搬迁的概念。2001 年以来,国家对居住在生存环境恶劣、“一方水土养不起一方人”地区的贫困人口组织实施了易地扶贫搬迁^[13-15],累计搬迁 680 万余人。“十三五”期间,全国计划易地扶贫搬迁贫困人口将达到 1 000 万人。目前,学术界普遍开展了生态移民安置区的地理位置选择^[16]、安置区移民生计的评估^[17-18]、安置模式研究^[19-20]以及安置区满意度评价^[21-22],在研究生态移民与生态环境关系中,主要包括生态移民环境容量^[23]、生态移民生态环境效益^[24]、生态移民生态环境影响驱动机制^[25]等研究,但针对生态移民这种大规模、短时期、集中安置的人口迁移模式对迁入区景观格局产生的可能影响并未引起足够重视。

宁夏回族自治区是我国经济欠发达生态脆弱民族地区,又是最早开展生态移民的典型区域之一,对其生态移民安置区进行景观生态学方面的研究具有重要意义。本文以宁夏红寺堡区为例,从粒度变化角度,研究县域生态移民安置区景观格局的尺度效应,为科学确定生态移民安置区的范围、移民数量和规模,以及制定有效的土地用途管制措施提供理论依据。

1 研究区概况

红寺堡区位于宁夏中部干旱带,地处 105°43′—106°42′E,37°28′—37°37′N,县域面积共 2 767 km²,总人口 179 390 人,回族人口占总人口的 62% 以上。地势南高北低,属于温带大陆性气候,气候干旱少雨,昼夜温差大。1999 年开始建设,2009 年设立吴忠市辖区。是在“八七”和宁夏“双百”扶贫攻坚计划,建设的国家最大的易地生态移民扶贫开发区,截至 2015 年,异地搬迁安置宁南山区 8 县移民 23 万人。

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

以红寺堡区 2015 年 TM 遥感影像为数据源,遥感影像来自于 USGS(美国地质勘探局)下载的分辨率为 30 m×30 m 的 Landsat 数据。在 ENVI 5.0 软

件中对遥感影像进行配准和几何校正,使遥感影像与基图像几何形状相匹配,采取将目视解译与监督分类中的最大似然法相结合的解译方法,结合土地利用调查资料进行解译。对解译结果进行野外精度验证,通过对解译结果进行随机选点和 GPS 点属性校验,使土地利用类型解译结果的准确率达到 95% 以上。本研究的分类方法是结合土地利用分类参考《土地利用现状分类》(GB/T21010—2007)和全国遥感监测土地利用/覆盖分类体系以及生态移民安置区的特点,将红寺堡生态移民安置区分为耕地、林地、草地、建设用地、水域、未利用地和沙地 7 种景观类型。

2.2 粒度变换

将红寺堡移民安置区 2015 年的景观类型矢量图通过 ArcGIS 10.0 软件转为栅格数据。采用优势类型法对栅格单元进行赋值,在新产生的面积单元中,按“多数原则(majority rule)”,以占多数像元的属性作为新像元的属性^[26]。栅格单元的最小尺度为 30 m 是根据遥感影像的分辨率设定的,然后将红寺堡区的景观类型图转换后的栅格单元大小按 10 m 间隔,依次设定为 30,40,50,60,70,80,90,100,110,120,130,140,150,160,170,180,190,200,210,220,230,240,250 m。本文中的指标数据都是通过景观格局分析软件 Fragstats 3.3 计算得到的。

3 结果与分析

3.1 最佳粒度的确定

3.1.1 景观类型比例 从图 1(不同类型景观在不同粒度时占景观总面积的百分比)中可以看出,林地和水域在 30~100,120~140,170~240 m 的粒度区间变化较小,在其他粒度区间变化较大;未利用地和沙地在 30~80 m 变化较小,在 80 m 后随粒度增加呈无规律变化,并在 150 m 粒度处出现较大幅度变化;草地、耕地和建设用地分别在 150,200,230 m 处出现较大波动。景观类型比例随粒度的变化也在不断变化,粒度较小时景观类型比例变化较小,随着粒度的增大,景观类型比例上下呈无规律的波动。

3.1.2 景观指数随粒度变化的特征 运用 Fragstats 3.3 软件对本文选取的 26 个具有代表性的指标进行计算,以粒度为横坐标,不同景观类型指数为纵坐标,绘制出红寺堡移民安置区景观指数粒度响应图。通过对这 26 个景观指数的分析,遴选出对粒度变化较为敏感的景观指数,共 16 个。

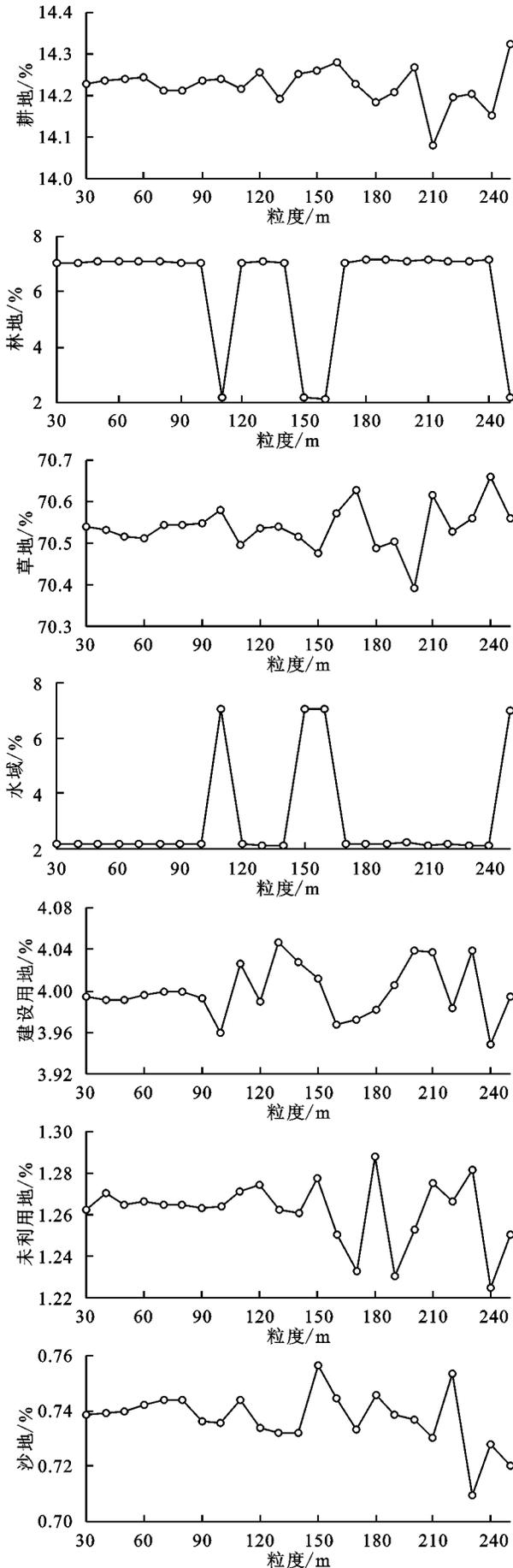


图 1 不同粒度下红寺堡土地利用类型景观比例

16 个景观指数分别是:景观面积指数(TA)、斑块数量指数(NP)、斑块密度指数(PD)、最大斑块指数(LPI)、边缘面积分维数指数(PAFRAC)、景观形状指数(LSI)、面积加权平均斑块面积指数(AREA_AM)、平均拼块分维数指数(MPFD)、斑块面积变异系数指数(AREA_CV)、面积加权的平均形状因子指数(AWMSI)、面积加权的平均拼块分形指数(AWMPFD)、斑块凝聚度指数(COHESION)、景观分裂指数(DIVISION)、分离度指数(SPLIT)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)。

每个景观指数都会随粒度变化发生变化,本文对选出的 16 个景观指数进行了数学函数拟合,只有 8 个景观指数拟合效果较理想($R^2 > 0.9$),所以认为这些景观指数与粒度有相关性(表 1)。其中部分指数的拟合效果很不理想,其原因可能是景观指数本身没有规律,也可能是选取的粒度不合适。

各景观指数的变化都有其特点,主要呈现 3 种变化趋势(图 2)。第一种变化是景观指数随着粒度变化呈下降趋势并且有明显拐点(80 m),包括斑块数量指数和斑块密度指数;第 2 种是景观指数的变化没有规律性且没有明显的拐点,包括景观形状指数、平均拼块分维数指数和边缘面积分维数指数;第 3 种是景观指数在 30~90 m 粒度区间内,变化较小,在 >90 m 粒度时,变化较为剧烈且无规律,包括景观面积指数、最大斑块指数、面积加权平均斑块面积指数、斑块面积变异系数指数、面积加权的平均形状因子指数、面积加权的平均拼块分形指数、斑块凝聚度指数、景观分裂指数、分离度指数、香农多样性指数、香农均匀度指数。上述现象的存在是由于尺度的增大会产生过滤作用,小斑块之间会产生合并,景观指数值随之也会发生变化。为保证景观格局的相对稳定性,应在景观指数变化相对平缓的区域内选择最佳粒度域。根据变化区间划分不同的粒度域,过大的粒度可能会导致一些分散的建筑用地、水域等景观空间信息丢失,所以选取第一个变化相对平缓的粒度域作为最佳粒度域。不同景观指数反映的景观特征不同,变化趋势也各不相同,综合分析各景观指数的变化趋势,最终确定生态移民安置区景观格局分析的最佳粒度域为(30, 80)。

3.1.3 面积损失分析 分别计算总面积及不同景观的面积损失值,绘制损失面积曲线(图 3)。在 30~120 m 景观整体的面积精度损失变化相对平缓;从 120 m 处开始,精度的损失变化随粒度的增大也在变大。林地、水域和建设用地面积随粒度增大,在零值上下波动,且波动幅度较大,在 90, 110, 230 m 变化最大;草地、耕地、未利用地和沙地用地面积随粒度增

长也是在零值上下波动,但其波动较小,在 230 m 处有较大幅度的变化。在研究景观整体格局时,应考虑

到不同景观类型的不同变化,最终确定较小精度损失粒度域为(30,90)。

表 1 景观指数随粒度变化的曲线拟合

景观格局指数	拟合函数	函数模型	R ²
斑块数量	指数函数	$y = 6477.4e^{-0.128x}$	0.9843
斑块密度	指数函数	$y = 2.3678e^{-0.128x}$	0.9844
景观形状指数	指数函数	$y = 41.083e^{-0.097x}$	0.9843
斑块面积变异系数	三次函数	$y = -0.0001x^3 + 0.1114x^2 - 39.908x + 6351.7$	0.9304
平均拼块分维数	三次函数	$y = -7E-09x^3 + 4E-06x^2 - 0.0007x + 1.0732$	0.9895
面积加权的平均拼块分维指标	三次函数	$y = -4E-10x^3 + 4E-07x^2 - 0.0004x + 1.2741$	0.9079
边缘面积分维数	二次函数	$y = -5E-06x^2 + 0.0019x + 1.2864$	0.9767
斑块凝聚度	三次函数	$y = -1E-07x^3 + 6E-05x^2 - 0.0136x + 100.27$	0.903

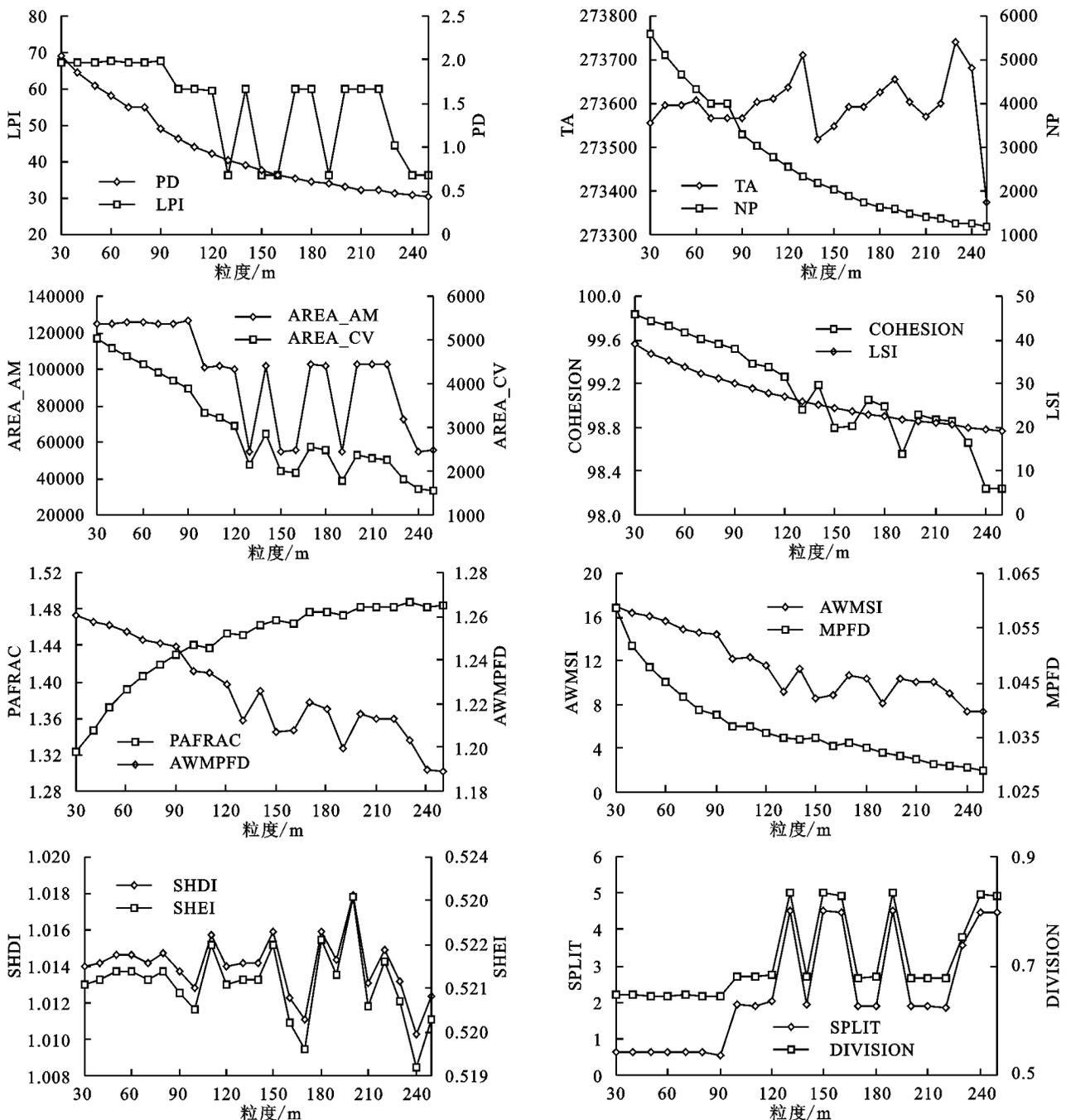


图 2 红寺堡景观指数粒度效应

3.1.4 确定最佳粒度 在对生态移民安置区景观格局进行分析时,应选取景观指数首先出现变化且变化相对较小的区域作为最佳粒度区间。为保证景观格局特征的稳定性,本文选用景观指数通过分析景观指数随粒度变化的变化特征来确定最佳粒度。通过分析得出最佳粒度域为(30,80),根据景观类型比例以及景观面积损失情况,综合分析最终确定较

小精度损失粒度范围为(30,90)。上述方法得出的最佳粒度范围包含了(30,80),因而确定移民安置区最佳粒度域为(30,80)。在确定景观格局最佳粒度大小时,应在第一个尺度内选择中等偏大的粒度,这样既能完整地反映景观格局的整体特征,又能避免大量的计算,因此确定研究区景观格局分析的最佳粒度为80 m。

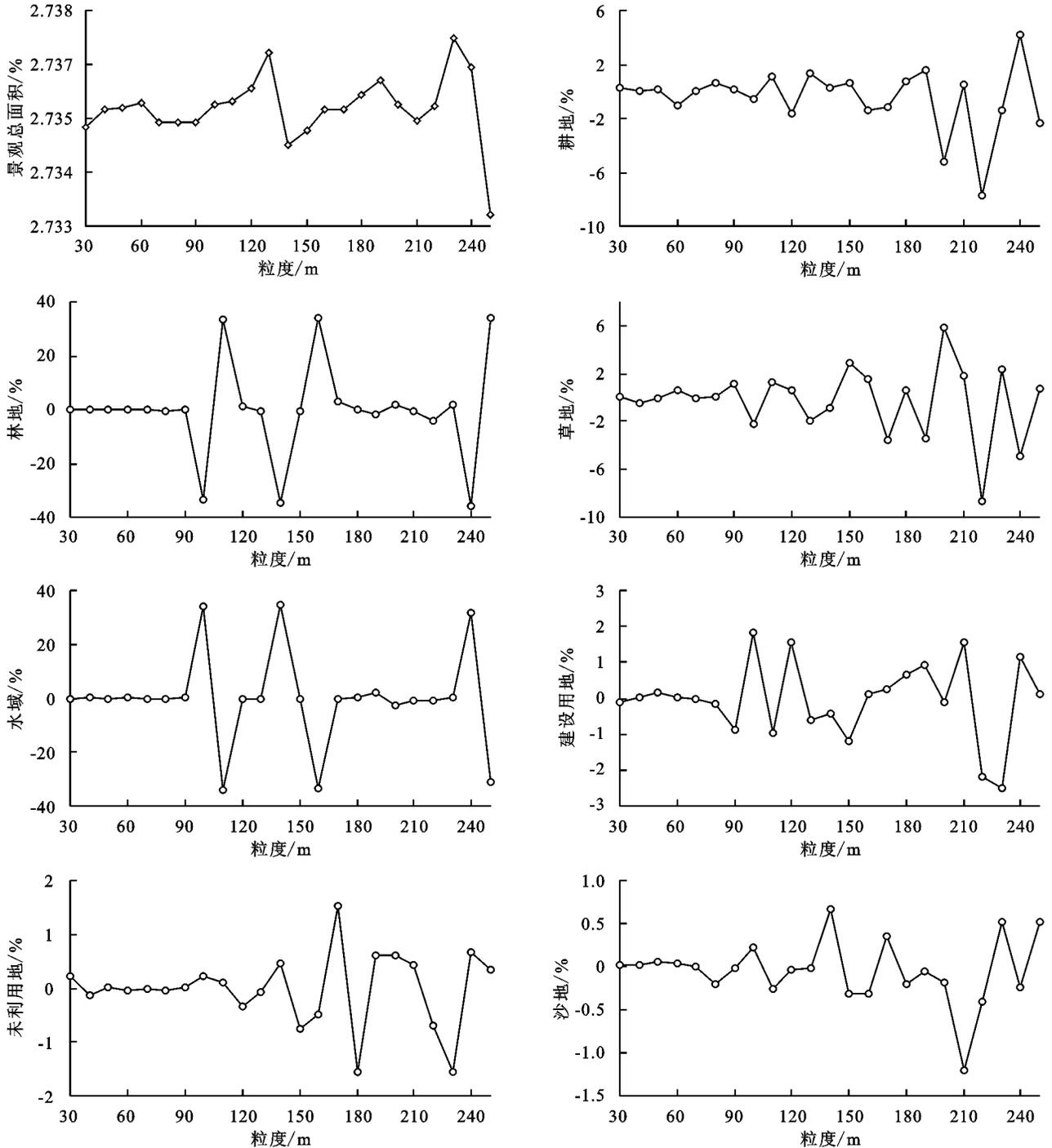


图3 红寺堡景观类型面积损失

3.2 景观指数的选取

本文在选取景观指数时,综合了景观指数与粒度

的关系并且综合了不同景观格局的变化情况和红寺堡区的具体情况,分别从景观水平和斑块类型水平两

个方面选取了相对独立的景观格局指数,在景观水平上选取了斑块数目指数、平均斑块分维数指数、形状指数、蔓延度指数、香农多样性指数,类型水平上选取了斑块数目指数、斑块密度指数、斑块类型占景观面积的比例、聚合度指数、斑块面积变异系数指数、平均斑块分维数指数(表 2—3)。

表 2 红寺堡景观水平景观格局指数

斑块数量	景观形状指数	平均斑块分维数	蔓延度	香农多样性
3631	31.229	1.0401	65.2547	1.0147

表 3 红寺堡斑块类型水平景观格局指数

景观类型	景观类型比例	斑块数量	斑块密度	平均斑块分维数	斑块面积变异系数	聚合度
草地	60.81	698	0.2552	2521.6008	1.0393	95.6637
林地	7.08	892	0.3261	862.9348	1.0488	77.4968
水域	2.17	205	0.0749	431.449	1.0307	82.6606
耕地	23.93	540	0.1974	970.7416	1.0394	87.4575
建设用地	1.26	428	0.1565	434.8289	1.0288	72.1022
沙地	4.01	732	0.2676	586.919	1.0391	76.5156
未利用地	0.74	136	0.0497	314.9441	1.0442	76.3069

3.3 景观组成与形态分析

草地是红寺堡区景观类型中面积比例最大景观类型,为 60.81%;其次是耕地、林地、沙地、水域和建设用地,分别为 23.93%,7.08%,4.01%,2.17%和 1.26%;未利用地的面积比例最小,为 0.74%。草地在研究区景观组成中面积比例最大,聚合度最高,表明其为红寺堡景观结构的基质;河流控制着研究区水流的流动,为景观结构的廊道;耕地、林地、建设用地、未利用地、沙地景观均为斑块。在最佳粒度分析下,研究区各景观类型的平均斑块分维数依次为:草地>耕地>林地>沙地>建设用地>水域>未利用地。林地和沙地的斑块数目、斑块密度以及斑块面积变异系数在研究区所有景观类型中都较高,但是聚合度较小,表明其林地和沙地景观破碎化程度较高。

3.4 景观构型分析

在本文选取的景观指数中景观形状指数和平均斑块分维数都是反映景观类型复杂程度的,研究区景观形状指数为 31.229,平均斑块分维数为 1.0401,说明研究区的景观整体景观类型不多形状复杂程度适中;香农多样性指数反映景观的异质性,研究区香农多样性指数为 1.0147,该值较低,说明研究区中各景观组分所占比例有较大差异。蔓延度指数是反映景观中不同斑块类型的聚集程度,研究区蔓延度指数为 65.2547,该指标相对较大,说明研究区的优势景观连接度较好,且景观整体主要是由团聚的大斑块组

成,破碎化程度较低,这种景观形态与移民的迁入有密切关系。

3.5 景观空间关系分析

红寺堡生态移民安置区分为 2 镇 3 乡(大河乡、新庄集乡、红寺堡镇、柳泉乡、太阳山镇),本文依据研究区 2015 年各个行政区的景观类型数据,以土地累计百分比为横坐标,景观类型百分比为纵坐标,画出洛伦茨曲线图(图 4)。

从图 4 可以看出,耕地和林地的洛伦茨曲线更接近绝对均匀线,说明在红寺堡移民安置区耕地和林地的分布相对较均匀,未利用地、草地和水域的曲线距离绝对均匀线最远,说明这些景观类型分布不均匀。

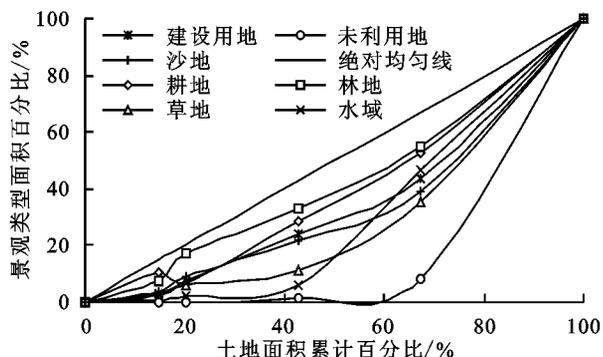


图 4 红寺堡景观类型洛伦茨曲线

4 讨论与结论

4.1 讨论

粒度对景观格局的研究具有重要意义,粒度不同,景观指数的变化也不相同,在确定研究区最佳粒度时,需要综合各个景观指数的特征。最佳粒度确定也会因受主观因素的制约导致粒度拐点位置出现偏差等情况,把最佳粒度的确定与景观生态学结合起来,多方位多角度综合分析最佳粒度将是今后粒度研究的重点方向。在进行景观格局分析时,粒度过大会造成建筑用地等景观信息缺失,粒度过小也不适合景观格局的分析,因此选择合适的粒度对研究区景观格局分析至关重要。本文在对研究区的景观格局进行分析时,结合红寺堡移民安置区的最佳粒度,从景观组成及景观形态、景观空间关系和景观空间构型 4 个方面来分析,这比过去的景观格局分析方法更加全面。运用更加科学的方法确定最佳粒度,并且基于最佳粒度从各个方面更加全面地对景观格局进行分析是今后景观格局分析的重点方向。

4.2 结论

(1) 景观格局变化具有尺度效应,景观指数随粒

度变化会呈现线性和非线性的变化。在景观格局指数中,斑块数量指数(NP)、斑块密度指数(PD)、景观形状指数(LSI)、斑块面积变异系数指数(AREA_CV)、平均拼块分维数指数(MPFD)、面积加权的平均拼块分形指标(AWMPFD)、边缘面积分维数指数(PAFRAC)、斑块凝聚度指数(COHESION)共 8 个景观指数的拟合效果较好($R^2 > 0.9$),能够反映景观指数的整体特征;Shannon 多样性指数和 Shannon 均匀度指数等指数的拟合效果则不理想。

(2) 随着粒度的变化,景观指数的变化也各不相同,但都存在拐点。主要变化趋势有 3 种:有明显拐点的斑块数量指数(NP)和斑块密度指数(PD);随着粒度的增加呈下降趋势没有明显的拐点的景观形状指数(LSI)、平均拼块分维数指数(MPFD)和边缘面积分维数指数(PAFRAC);拐点较多,变化无规律的 Shannon 多样性指数和 Shannon 均匀度指数等。对各景观指数的变化情况进行分析比较,确定景观指数变化的最佳粒度域为(30,80),根据景观的精度损失情况,确定精度损失的最佳粒度域为(30,90),综合确定得出红寺堡生态移民安置区景观格局分析的最佳粒度为 80 m。

(3) 草地为红寺堡生态移民安置区主要景观类型且景观优势明显,是基质景观。红寺堡移民安置区耕地和林地景观分布较均匀。景观的多样性指数较低,说明景观类型较少,分布也不均匀,平均斑块分维数指数较低,说明景观形状复杂程度适中,破碎化程度不高,整体稳定性差,对研究区现状景观空间格局的维持不利。

(4) 红寺堡生态移民安置区的景观格局受移民影响较大,由于移民的迁入,需要大量的建设用地,原来为未利用地或其他景观类型的土地有可能会转变成建筑用地,移民安置区的建筑用地分布较为规范,所以红寺堡生态移民安置区景观多样性指数较低,形状程度适中。

参考文献:

[1] 程刚,张祖陆,吕建树. 基于 CA-Markov 模型的三川流域景观格局分析及动态预测[J]. 生态学报,2013,32(4):999-1005.

[2] 程迎轩,王红梅,刘光盛. 县域交通对农村房屋建筑区景观格局的影响研究:以广东佛山市三水区为例[J]. 农业现代化研究,2015,36(3):462-468.

[3] van Zanten B T, Verburg P H, Scholte S S K, et al. Using choice modeling to map aesthetic values at a landscape

scale: Lessons from a Dutch case study[J]. Ecological Economics,2016,130:221-231.

- [4] 欧阳贝思,张明阳,王克林,等. 2000—2010 年南方丘陵山地带土地覆被及景观格局变化特征[J]. 农业现代化研究,2013,34(4):467-471.
- [5] Sweeney K E, Roering J J, Ellis C. Experimental evidence for hillslope control of landscape scale[J]. Science,2015,349(6243):51-53.
- [6] 欧维新,甘玉婷婷. 耦合种群动态的生境格局变化分析粒度与景观因子选择:以盐城越冬丹顶鹤及其生境的变化为例[J]. 生态学报,2016,36(10):2996-3004.
- [7] 韩蓉,唐湘玲. 玛纳斯河流域近 14 年多尺度粒度变化对土地利用景观格局的影响[J]. 水土保持研究,2017,24(2):194-201.
- [8] 吴未,许丽萍,张敏,等. 不同斑块类型的景观指数粒度效应响应:以无锡市为例[J]. 生态学报,2016,36(9):2740-2749.
- [9] 任志远,张晗. 银川盆地土地利用变化对景观格局脆弱性的影响[J]. 应用生态学报,2016,27(1):243-249.
- [10] 唐丽,罗亦殷,罗改改,等. 基于粒度反推法和 MCR 模型的海南省东方市景观格局优化[J]. 生态学杂志,2016,35(12):3393-3403.
- [11] 郭琳,宋戈,张远景,等. 基于最佳分析粒度的巴彦县土地利用景观空间格局分析[J]. 资源科学,2013,35(10):2052-2060.
- [12] 李保杰,顾和和,纪亚洲. 复垦矿区景观格局指数的粒度效应研究[J]. 水土保持研究,2015,22(4):253-257,264.
- [13] 韩文文,刘小鹏,裴银宝,等. 不同地貌背景下民族村农户生计脆弱性及其影响因子[J]. 应用生态学报,2016,27(4):1229-1240.
- [14] 赵莹,刘小鹏,郭永杰,等. 基于 GIS 的宁夏六盘山区空间贫困特征模型分析[J]. 水土保持研究,2014,21(5):94-99.
- [15] 刘小鹏,苏胜亮,王亚娟,等. 集中连片特殊困难地区村域空间贫困测度指标体系研究[J]. 地理科学,2014,34(4):447-453.
- [16] 周宜君,周银珍,胡红青,等. 三峡工程农村外迁移民安置效果区域差异及其启示[J]. 经济地理,2011,31(8):1351-1357.
- [17] 王沛沛,许佳君. 生计资本对水库移民创业的影响分析[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(2):150-156.
- [18] 贾国平,朱志玲,王晓涛,等. 移民生计策略变迁及其生态效应研究:以宁夏红寺堡区为例[J]. 农业现代化研究,2016,37(3):505-513.
- [19] 王凯,欧艳,葛全胜. 世界遗产地居民对生态移民影响的感知:以武陵源 3 个移民安置区为例[J]. 应用生态学报,2012,23(6):1663-1670.

参考文献:

- [1] 蔡璐. 论社会发展与土地资源的保护[J]. 资源与人居环境, 2009(2):54-55.
- [2] 刘军会, 高吉喜, 聂亿黄. 青藏高原生态系统服务价值的遥感测算及其动态变化[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(3):81-84.
- [3] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996(6):553-558.
- [4] 熊惠波, 周燕芳, 江源, 等. 扎鲁特旗土地利用变化中的生态损益估算[J]. 干旱区研究, 2003, 20(2):98-103.
- [5] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. nature, 1997, 387(6630):253-260.
- [6] 欧阳志云, 王如松. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5):635-639.
- [7] 王广成, 李中才. 基于时空尺度及利益关系的生态服务功能[J]. 生态学报, 2007, 27(11):4758-4765.
- [8] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2):189-196.
- [9] 郝慧梅, 任志远. 基于生态服务价值的土地利用/覆盖变化生态效应测评[J]. 资源科学, 2007, 29(6):90-97.
- [10] 高清竹, 何立环. 海河上游农牧交错地区生态系统服务价值的变化[J]. 自然资源学报, 2002, 17(6):706-712.
- [11] 孙慧兰, 李卫红, 陈亚鹏, 等. 新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报, 2010, 30(4):887-894.
- [12] 薛达元, 包浩生, 李文华. 长白山自然保护区森林生态系统间接经济价值评估[J]. 中国环境科学, 1999, 19(3):247-252.
- [13] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 等. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探: 以海南岛尖峰岭热带森林为例[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4):481-484.
- [14] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [15] 徐立. 土地利用变化对长沙市生态系统服务价值的影响研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
- [16] 杜金龙. 土地利用变化及其对生态系统服务价值影响研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [17] 宗跃光, 陈红春, 郭瑞华, 等. 地域生态系统服务功能的价值结构分析: 以宁夏灵武市为例[J]. 地理研究, 2000, 19(2):148-155.
- [18] 邓舒洪. 区域土地利用变化与生态系统服务价值动态变化研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [19] 孙慧兰, 李卫红, 陈亚鹏, 等. 新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报, 2010, 30(4):887-894.
- [20] 段瑞娟, 郝晋珉, 张洁瑕. 北京区位土地利用与生态服务价值变化研究[J]. 农业工程学报, 2006, 9(22):21-28.
- [21] 王宗明, 张柏, 张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19(1):55-61.
- [22] 刘小翠. 露天矿区生态系统服务价值的动态变化研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2010.
- [23] 陈美球, 赵宝苹, 罗志军, 等. 基于 RS 与 GIS 的赣江上游流域生态系统服务价值变化[J]. 生态学报, 2013, 33(9):2761-2767.
- [24] 周飞, 陈士银, 吴明发. 土地利用结构变化及其生态服务功能响应: 以广东省湛江市为例[J]. 安全与环境学报, 2007, 7(5):76-79.
- [25] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 中国土地利用时空特征分析[J]. 地理学报, 2001, 56(6):631-639.
- [26] 吴后建, 王学雷, 宁龙梅, 等. 土地利用变化对生态系统服务价值的影响: 以武汉市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(2):185-190.

~~~~~

(上接第 306 页)

- [20] 闵庆文, 张永勋, 赵贵根. 三江源移民安置区农户能源利用及对生态环境影响: 以贵南县为例[J]. 资源科学, 2012, 34(11):2018-2025.
- [21] 贾耀锋. 中国生态移民效益评估研究综述[J]. 资源科学, 2016, 38(8):1550-1560.
- [22] 杨显明, 米文宝, 齐拓野, 等. 宁夏生态移民效益评价研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(4):16-23.
- [23] 肖建红, 王敏, 于庆东, 等. 基于生态足迹的大型水电工程建设生态补偿标准评价模型: 以三峡工程为例[J]. 生态学报, 2015, 35(8):2726-2740.
- [24] 刘小鹏, 王亚娟. 我国生态移民与生态环境关系研究进展[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2013, 34(2):173-176.
- [25] 王屏, 戴年华, 欧阳雪莲, 等. 中西方森林游憩者生态行为影响研究: 基于解说驱动机制视角[J]. 生态学报, 2016, 36(12):3666-3677.
- [26] 张乐, 王观湧, 霍习良, 等. 基于适宜粒度的曹妃甸新区土地利用景观格局分析[J]. 土壤, 2014, 46(6):1149-1156.