

基于 GIS 的贵州贵安新区林地景观格局特征分析

张东凯, 金祺, 杨武 (贵州省林业调查规划院, 贵州贵阳 550003)

摘要 森林景观格局是指森林景观组成的空间分布和组合特征, 分析森林景观格局是研究森林景观功能和动态的基础, 为实现林业资源的可持续利用提供依据。以贵安新区林业资源二类调查数据为基础, 利用 GIS 和 Fragstats 技术, 运用景观生态学原理与方法, 选取合理的景观指数来探讨分析贵安新区林业景观格局特征。结果表明: 研究区林地景观总面积达 14 654.50 hm², 占研究区总面积的 30.02%; 不同类型林地景观斑块面积差异较大, 灌木林地和乔木林地在林地景观类型中占明显优势; 林地景观斑块类型以 5 hm² 以下的小型斑块为主, 中型斑块较少, 而大型和超大斑块则极少; 林地斑块较为零碎, 完整性和连通性较差, 存在一定的破碎化现象; 林地景观多样性较高, 但林地景观分布不均匀且景观丰富度较小; 林地景观的聚集度均在 80% 以上, 整体聚集度较高; 除乔木林地外, 其他各林地景观类型间连续程度不高, 未能形成系统的结构且相互联系度较低。

关键词 林业景观格局; 贵安新区; 景观斑块; 景观指数

中图分类号 P 901 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)13-0103-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.13.034



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Forestry Landscape Patterns in Gui'an New Area of Guizhou Province Based on GIS

ZHANG Dong-kai, JIN Qi, YANG Wu (Guizhou Institute of Forestry Investigation and Planning, Guiyang, Guizhou 550003)

Abstract Forest landscape pattern refers to the spatial distribution and combination characteristics of forest landscape composition. Analyzing the forest landscape pattern is the basis for studying the function and dynamics of forest landscape, which provides the basis for realizing the sustainable utilization of forest resources. Based on the second-class survey data of forestry resources in Gui'an New Area, using GIS and Fragstats technology, the principles and methods of landscape ecology, reasonable landscape index was selected to explore and analyze the characteristics of forestry landscape pattern in Gui'an New Area. The results showed that the total area of forest landscape in the study area was 14 654.50 hm², accounting for 30.02% of the total area in the study area. The landscape patch area in different types of woodlands was quite different, and shrub and arbor forests were dominant in the landscape types of woodlands. The main types of landscape patches in forest land were small patches less than 5 hm², medium patches were few, large and super patches were very few. Forest patches were fragmented, with poor integrity and connectivity, there were some fragmentation phenomena. The diversity of forest landscape was high, but the distribution of forest landscape was uneven and the landscape richness was small. The aggregation degree of forest landscape was above 80%, and the overall aggregation degree was high. Except for arbor forest land, the continuities of other forest land landscape types were not high, the system structure had not been formed and the degree of interconnection was low.

Key words Forestry landscape pattern; Gui'an New Area; Landscape patch; Landscape index

景观格局是指大小和形状各异的景观要素的空间分布与组合特征^[1]。它是景观异质性在空间上的综合表现, 是人类活动与环境干扰促动下的结果, 同时景观格局反映一定社会形态下人类活动和经济发展的状况^[2]。森林生态系统是地球上最大的陆地生态系统, 在全球生态系统中扮演着极为重要的角色, 在维持区域生态环境、保持水土、涵养水源等方面起着重要的作用^[3-4]。森林景观是景观生态学重要的研究内容^[5]。森林景观格局是指性质、大小及形状各异的森林景观要素在空间上的分布和组合特征, 是当今森林景观生态学研究的核心理念^[6]。不同的林业景观类型承载相应的生态功能, 合理的景观结构、稳定的生态过程及丰富的生态服务直接决定着区域的可持续发展^[7-9]。自 20 世纪 80 年代景观生态学传入我国之后就出现了介绍景观生态学概念、理论和方法的研究^[10-12]。随后有关流域景观、湿地景观及林业景观等的研究相继出现^[13-16]。然而, 目前对喀斯特地区林业景观格局的特征研究鲜有报道。

贵州贵安新区是 2014 年 1 月 6 日国务院批复设立的第八个国家级新区, 承载着西部地区重要经济增长极、内陆开放型经济新高地、生态文明示范区三大战略定位。研究该区

域林业景观空间格局, 可辨识该区域生态状况及其空间变异特征, 并为该区域生态环境评价、景观生态设计和经济发展提供决策依据^[17]。该研究以贵安新区林业资源二类调查数据为基础, 利用 GIS 技术, 运用景观生态学原理与方法, 参照前人研究成果^[18], 结合研究区实际情况, 选取 12 个景观格局指数, 系统分析贵安新区林业景观格局特征, 了解及掌握其分布特点, 以期研究区林业景观格局优化以及生态风险防范工作提供参考。

1 研究区概况

贵安新区位于贵州高原中部、贵阳市和安顺市中心地带, 规划范围涉及贵阳市花溪区、清镇市和安顺市平坝区、西秀区, 共 2 市 4 县(市、区) 20 个乡镇, 规划控制面积 1 795 km², 现状人口 100 万人。贵安新区人文生态环境良好, 历史悠久, 气候凉爽宜人, 森林覆盖率达 30%, 屯堡文化、原生态文化绚丽多姿, 红枫湖、百花湖、天河潭、平坝农场等著名景区分布其中, 具备发展高端文化旅游、休闲旅游等资源优势(图 1)。

2 材料与方法

2.1 数据来源与处理 该研究以贵安新区林业二类调查数据为基础数据源, 运用 Arc GIS10.5 软件平台, 参照《贵州省第四次林业资源规划设计调查实施细则》中景观分类标准, 对相邻属性的小班进行合并, 建立研究区景观类型斑块图及

作者简介 张东凯(1986—), 男, 河南驻马店人, 工程师, 硕士, 从事森林培育技术和森林资源监测技术方面的研究。

收稿日期 2019-01-29

属性数据库,然后再将矢量图转为栅格图,运用景观格局分析软件 Fragstats4.2 计算景观格局指数。

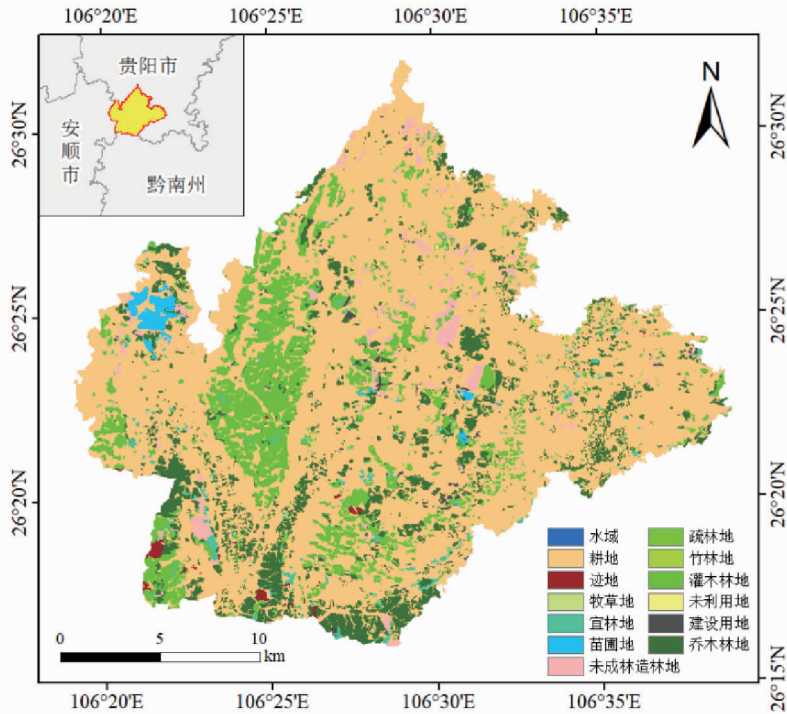


图1 研究区示意

Fig. 1 Schematic diagram of the research area

2.2 景观要素类型划分与景观指数选择 景观要素类型划分是按照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,类型的详细程度既取决于数据和技术手段可达到的识别程度,也取决于工作目标所需要的分类水平^[19]。由于对景观的理解不同,景观分类也各不相同。该研究参照《贵州省第四次林业资源规划设计调查实施细则》,将景观分为林地和非林地两大类,其中林业用地分为乔木林地、竹林地、疏林地、灌木林地、未成林造林地、苗圃地、迹地和宜林地;非林地分为耕地、牧草地、水域、未利用地和建设用地。

景观指数能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置某些方面的特征^[20],目前很多学者将其应用于分析景观格局^[21-22]。笔者在充分考虑各景观指数生态学意义的基础上,借鉴前人研究成果^[13-14,18,22],选择斑块数(NP)、斑块类型面积(CA)、平均斑块面积(PLAND)、斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、景观类型面积(TA)、景观形状指数(LSI)、欧几里得最近邻体距离(ENN)、聚集度指数(AI)、Shannon 多样性指数(SHDI)、Shannon 均匀度指数(SHEI)和景观丰富度密度(PRD)12个指数描述贵安新区林业景观格局特征。

3 结果与分析

3.1 林地景观斑块构成分析 通过对研究区林地类型数、各类林业景观斑块数量、各类林业景观的斑块面积及斑块面积比例等指标的计算,分析贵安新区林业景观斑块构成情况。

由表1可知,贵安新区总面积48 820.32 hm²,林地景观

总面积为14 654.5 hm²,占研究区总面积的30.02%。在林地景观类型中,以灌木林地和乔木林地为主,二者面积分别为6 634.85、5 524.71 hm²,分别占研究区总面积的13.59%和11.32%;其次为未成林造林地,面积为1 280.68 hm²,占研究区总面积的2.62%;然后为宜林地,面积为621.25 hm²,占研究区总面积的1.27%;接着为苗圃地,面积为409.29 hm²,占研究区总面积的0.84%;迹地、竹林地和疏林地的面积共183.72 hm²,占研究区总面积的0.38%。研究区林地类型斑块数量从多到少依次为乔木林地、灌木林地、未成林造林地、宜林地、竹林地、迹地、苗圃地、疏林地。

3.2 林地景观斑块尺度等级分析

3.2.1 不同林地景观斑块大小分析。由表2可知,林地斑块类型中,苗圃地的斑块面积平均值最大,为24.08 hm²,斑块面积变化为0.37~142.51 hm²,这主要是由于其总面积大,斑块数量少所造成的;其次为灌木林地,斑块面积平均为7.92 hm²,且斑块面积变化最大(0.01~1 074.38 hm²);接下来为迹地,斑块面积平均为5.19 hm²,斑块面积变化为0.11~52.30 hm²。

其余5类林地景观类型的斑块面积平均值均小于5 hm²,依次为未成林造林地(3.70 hm²)、乔木林地(3.60 hm²)、宜林地(2.20 hm²)、竹林地(0.93 hm²)、疏林地(0.52 hm²)。这5类林地景观中乔木林地斑块面积变化最大(0.01~259.56 hm²),其次为未成林造林地斑块面积变化(0.01~167.92 hm²),然后斑块面积变化从大到小分别为宜林地(0.01~42.85 hm²)、竹林地(0.09~5.29 hm²)和疏林地(0.01~1.16 hm²)。

表 1 贵安新区景观斑块构成

Table 1 Composition of landscape patches in Gui'an New Area

景观分类 Landscape classification	斑块类型 Patch type	斑块数(NP) Patch number	斑块数占比 The proportion of patch number//%	面积(CA) Area//hm ²	面积占比 The proportion of area//%
林地 Forest land	乔木林地	1 534	41.03	5 524.71	11.32
	竹林地	33	0.88	30.59	0.06
	疏林地	5	0.13	2.62	0.01
	灌木林地	838	22.41	6 634.85	13.59
	未成林造林地	346	9.25	1 280.68	2.62
	苗圃地	17	0.45	409.29	0.84
	迹地	29	0.78	150.51	0.31
	宜林地	282	7.54	621.25	1.27
非林地 Non-forest land	耕地	428	11.45	33 911.65	69.46
	牧草地	2	0.05	1.07	0.00
	水域	3	0.08	1.85	0.00
	未利用地	2	0.05	3.97	0.01
	建设用地	220	5.88	247.28	0.51
合计 Total		3 739	100	48 820.32	100

表 2 贵安新区景观斑块平均面积及变化

Table 2 Average area and range of landscape patches in Gui'an New Area

Area		hm ²	
景观分类 Landscape classification	斑块类型 Patch type	斑块平均面积 Average area of patches	斑块面积变化 Range of patch area
林地 Forest land	乔木林地	3.60	0.01~259.56
	竹林地	0.93	0.09~5.29
	疏林地	0.52	0.01~1.16
	灌木林地	7.92	0.01~1 074.38
	未成林造林地	3.70	0.01~167.92
	苗圃地	24.08	0.37~142.51
	迹地	5.19	0.11~52.30
	宜林地	2.20	0.01~42.85
非林地 Non-forest land	耕地	79.23	0.01~33 453.97
	牧草地	0.54	0.02~1.05
	水域	0.62	0.04~0.87
	未利用地	1.99	0.29~3.68
	建设用地	1.12	0.01~21.07

3.2.2 林地景观斑块结构特征分析。为直观反映研究区各林地景观类型格局结构,参照前人研究成果,根据研究区实际情况,现将斑块分为小型斑块(<5 hm²)、中型斑块(5~50 hm²)、大型斑块(>50~100 hm²)和超大型斑块(>100 hm²)^[21]。

由表 3 可知,贵安新区以 5 hm² 以下的小型斑块为主,中型斑块较少,而大型斑块和超大斑块则极少。观察发现,所有林地景观类型均以小型斑块为主。同时,所有景观类型均表现出中型及以上等级斑块数量积极减少甚至消失的现象,说明研究区斑块较为零碎,完整性和连通性较差,存在着一定的破碎化现象。就景观类型来看,乔木林地、灌木林地、未成林造林地和苗圃地景观结构较为完整,破碎化程度相对较低;而疏林地、竹林地和宜林地的破碎化程度相对较高。

表 3 贵安新区各林地景观类型斑块等级频率分布

Table 3 Frequency distribution of patch grades of various forest landscape types in Gui'an New Area

景观类型 Landscape type	小型斑块 Small patch	中型斑块 Medium patch	大型斑块 Large patch	超大斑块 Super large patch
乔木林地 Arbor land	1 315	211	3	5
竹林地 Bamboo forest land	32	1	0	0
疏林地 Open forest land	5	0	0	0
灌木林地 Shrub land	684	133	20	1
未成林造林地 Unforested land	285	59	1	1
苗圃地 Nursery land	9	5	2	1
迹地 Slash	23	5	1	0
宜林地 Suitable forestland	252	30	0	0
合计 Total	2 605	444	27	8

3.3 林地景观空间结构度量及分析

3.3.1 林地景观空间特征指标及分析。

3.3.1.1 斑块破碎化程度分析。景观破碎化是城市化进程中景观格局演变的重要特征,它与人类活动、景观格局及其功能、过程密切相关,其中人类活动是造成景观破碎化的一个重要因素^[23-24]。由表 4 可知,贵安新区林地景观平均斑块面积由大到小分别为苗圃地、灌木林地、迹地、未成林造林地、乔木林地、宜林地、竹林地、疏林地;破碎度由大到小分别为疏林地、竹林地、宜林地、乔木林地、未成林造林地、迹地、灌木林地、苗圃地。可以发现平均斑块面积越小,则破碎度越大。

3.3.1.2 斑块形状复杂程度分析。从斑块形状指数(LSI)来看,斑块形状指数越小,说明斑块越规整,斑块越规整对保护物种纯度越有利,但对物种多样性保护越不利。由表 4 可知,贵安新区林地景观的斑块形状指数由大到小为乔木林地(59.141 2)、灌木林地(40.927 0)、未成林造林地(25.708 1)、宜林地(24.805 6)、竹林地(10.234 2)、迹地(6.959 3)、苗圃地(5.921 0)、疏林地(2.818 2)。其中乔木林地 LSI 值最大,为

59.141 2,疏林地 LSI 值最小,为 2.818 2,说明研究区疏林地、苗圃地和迹地景观受人为干扰较大,斑块较规整,形状简单,与周围环境的作用较小,不利于其与周围物质和能量交流及其对周围环境的改善。

3.3.1.3 优势景观类型分析。最大斑块指数(LPI)是指某一类林地景观的最大斑块面积在该类型林地斑块总面积中所占的比例,该指数能有效反映优势景观的情况。由表 4 可

表 4 贵安新区景观斑块的空间指标特征

Table 4 Spatial characteristics of landscape patches in Gui'an New Area

景观分类 Landscape classification	斑块类型 Patch type	平均斑块大小 (PLAND) Average patch size	斑块数(NP) Number of patches	破碎度 Fragmentation degree	斑块密度(PD) Patch density	最大斑块指数 (LPI) Largest patch index	斑块形状指数 (LSI) Patch shape index
林地 Forest land	乔木林地	3.60	1 534	0.277 7	3.142 1	0.531 7	59.141 2
	竹林地	0.93	33	1.078 8	0.067 6	0.010 8	10.234 2
	疏林地	0.52	5	1.908 4	0.010 2	0.002 4	2.818 2
	灌木林地	7.92	838	0.126 3	1.716 5	2.200 7	40.927 0
	未成林造林地	3.70	346	0.270 2	0.708 7	0.344 0	25.708 1
	苗圃地	24.08	17	0.041 5	0.034 8	0.291 9	5.921 0
	迹地	5.19	29	0.192 7	0.059 4	0.107 1	6.959 3
	宜林地	2.20	282	0.453 9	0.577 6	0.087 8	24.805 6
非林地 Non-forest land	耕地	79.23	428	0.012 6	0.876 7	68.524 7	44.503 8
	牧草地	0.54	2	1.869 2	0.004 1	0.002 2	1.571 4
	水域	0.62	3	1.621 6	0.006 1	0.001 8	2.428 6
	未利用地	1.99	2	0.503 8	0.004 1	0.007 5	1.750 0
	建设用地	1.12	220	0.889 7	0.450 6	0.043 2	20.171 4

3.3.2 林地景观多样性指标分析。贵安新区林地景观的 Shannon 多样性指数为 1.013 2,说明研究区林地景观类型高,有利于自然生态环境保护。Shannon 均匀度指数为 0.395 0,说明研究区林地景观分配不均匀,存在着少数景观类型占据支配地位而控制景观整体的不均匀现象。景观丰富度密度为 0.026 6,反映研究区林地景观丰富度较小。总体来说研究区林地景观类型多样性高,林地景观分布不均匀,且林地景观丰富度较小^[22,25]。

3.4 林地空间孤立性分析 欧几里得最近邻体距离(ENN)是指斑块间的最近距离,用来反映斑块微观水平上的空间孤立性与景观之间的可达性。ENN 越大,表明斑块之间的空间孤立性越高,景观之间的可达性越差^[26]。

由图 2 可知,除乔木林地 ENN(89 m)之外,其他林地景观类型 ENN 均大于 100 m,其中竹林地、疏林地和迹地的 ENN 均超过 1 000 m,这说明研究区林地景观的连续性差。ENN 从大到小依次为疏林地、竹林地、迹地、苗圃地、宜林地、未成林造林地、灌木林地、乔木林地。其中乔木林地的连续性最好,其次为灌木林地,主要是由于乔木林地和灌木林地总面积分别占研究区总面积的 11.32%和 13.59%,且乔木林地和灌木林地均是成片分布。疏林地、竹林地和迹地的连续性较差,疏林地、竹林地和迹地的面积较小,且分布较为分散,整体缺乏空间连接,因此分布较为孤立。总体而言,贵安新区各林地景观间的连续差异较大,未能形成系统的结构且各林地景观相互联系度较低。

3.5 林地空间聚集性分析 聚集度指数(AI)是从宏观角度

知,各林地斑块的最大斑块指数从大到小依次为灌木林地(2.200 7)、乔木林地(0.531 7)、未成林造林地(0.344 0)、苗圃地(0.291 9)、迹地(0.107 1)、宜林地(0.087 8)、竹林地(0.010 8)、疏林地(0.002 4)。灌木林地的 LPI 最大,在贵安新区林地景观斑块中占有明显优势;疏林地的 LPI 最小,主要是由于其面积较小且较分散。

上反映斑块的聚集度,与斑块之间的公共边数有关。由图 3 可知,贵安新区各林地景观的聚集度较高,各林地景观聚集度由大到小依次为苗圃地、迹地、灌木林地、未成林造林地、乔木林地、宜林地、疏林地、竹林地。研究区各林地景观整体聚集度好,其中苗圃地、迹地和灌木林地聚集度相对较高,均为 95%以上。

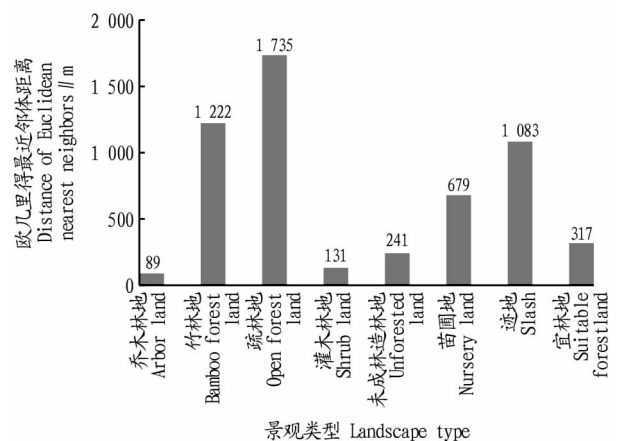


图 2 贵安新区各林地景观的欧几里得最近邻体距离

Fig. 2 Distance of Euclidean nearest neighbors of forest landscapes in Gui'an New Area

4 结论与讨论

贵安新区位于贵阳市和安顺市结合部,地处黔中经济核心区,境内森林覆盖率达 30%,近年来,虽然政府和相关部门均在全力推进“大扶贫、大数据、大生态”战略的实施,林业用

地面积也在不断增加,但目前林业景观格局是否科学合理仍需研究。笔者以贵安新区林业资源二类调查数据为基础,利用 GIS 技术,运用景观生态学原理与方法,参照前人研究成果^[13-14,18,22],结合研究区实际情况,选取合理的景观指数来探讨分析贵安新区林业景观格局特征,主要结论如下。

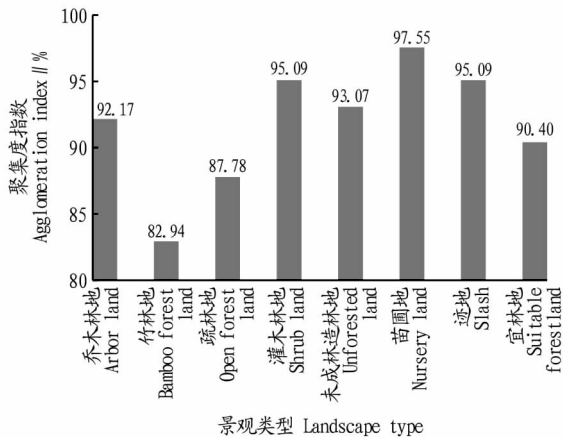


图3 贵安新区各林地景观的聚集度指数

Fig.3 Agglomeration index of forest landscape in Gui'an New Area

(1) 研究区林地景观总面积达 14 654.50 hm², 占研究区总面积的 30.02%。不同类型林地景观斑块面积差异较大, 灌木林地和乔木林地在地景观类型中占明显优势。

(2) 研究区林地景观以 5 hm² 以下的小型斑块为主, 中型斑块较少, 而大型和超大斑块则极少。说明林地斑块较为零碎, 完整性和连通性较差, 存在一定的破碎化现象。

(3) 研究区各林地斑块中苗圃地、灌木林地和迹地的平均斑块面积最大, 破碎度最小; 疏林地和竹林地的平均斑块面积最小, 破碎度最大。乔木林和灌木林的斑块形状复杂, 受人为干扰较小, 疏林地、苗圃地和迹地的板块形状简单, 受人为干扰较大。

(4) 研究区林地景观 Shannon 多样性指数为 1.013 2, Shannon 均匀度指数为 0.395 0, 景观丰富度密度为 0.026 6, 反映了研究区林地景观类型多样性高, 但林地景观分布不均匀且景观丰富度较小。

(5) 从微观水平来看, 研究区除乔木林地 ENN (89 m) 外, 其他林地景观类型 ENN 均大于 100 m, 说明研究区各林地景观类型间连续差异较大, 未能形成系统的结构且相互联系度较低。研究区各林地景观的聚集度均在 80% 以上, 说明各林地景观整体聚集度好, 其中苗圃地、迹地和灌木林地相对较高, 均为 95% 以上。

为防止林业景观破碎化进一步加剧, 建议采取合理的措施对研究区的景观格局进行优化, 有效地实施林业资源管理与经营措施, 提高林业景观斑块之间的连通性, 为研究区生

态环境评价、景观生态设计和经济发展提供决策依据, 以确保研究区的西部地区重要经济增长极、内陆开放型经济新高地、生态文明示范区三大战略的顺利实施。

参考文献

- [1] 郭建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [2] 韩文权, 常禹, 胡远满, 等. 景观格局优化研究进展 [J]. 生态学杂志, 2005, 24 (12): 1487-1492.
- [3] 赵大川, 赵选, 周远博, 等. 基于 LANDIS 的西北林分森林景观动态模拟研究 [J]. 西北林学院学报, 2018, 33 (2): 166-172.
- [4] 丁圣彦, 梁国付. 地理环境因素对伊洛河流域森林景观的影响 [J]. 地理研究, 2007, 26 (5): 906-914, 1071.
- [5] 白降丽, 彭道黎, 庾晓红, 等. 森林景观生态研究现状与展望 [J]. 生态学杂志, 2005, 24 (8): 943-947.
- [6] 郭建国. 景观生态学中的十大研究论题 [J]. 生态学报, 2004, 24 (9): 2074-2076.
- [7] ADAMS S M, BEVELHIMER M S, GREELEY M S, et al. Ecological risk assessment in a large river-reservoir: 6. Bioindicators of fish population health [J]. Environmental toxicology chemistry, 1999, 18 (4): 628-640.
- [8] 陈辉, 刘劲松, 曹宇, 等. 生态风险评价研究进展 [J]. 生态学报, 2006, 26 (5): 1558-1566.
- [9] ZHANG C Q, DONG B, LIU L, et al. Study on ecological risk assessment for land-use of wetland based on different scale [J]. Journal of the Indian society of remote sensing, 2016, 44 (5): 821-288.
- [10] 傅伯杰. 地理学的新领域——景观生态学 [J]. 生态学杂志, 1983, 2 (4): 60-61.
- [11] 昌笃. 评介 Z. 纳维等著的《景观生态学》[J]. 植物生态学与地植物丛刊, 1985, 9 (3): 243-244.
- [12] 肖笃宁, 苏文贵, 贺红土. 景观生态学的发展和应用 [J]. 生态学杂志, 1988, 7 (6): 43-48, 55.
- [13] 古丽克孜·吐拉克, 李新国, 刘彬, 等. 开都河流域下游绿洲景观格局变化分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28 (3): 174-180.
- [14] 白军红, 欧阳华, 崔保山, 等. 近 40 年来若尔盖高原高寒湿地景观格局变化 [J]. 生态学报, 2008, 28 (5): 2245-2252.
- [15] 王永丽, 于家宝, 董洪芳, 等. 黄河三角洲滨海湿地的景观格局空间演变分析 [J]. 地理科学, 2012, 32 (6): 717-724.
- [16] 李月辉, 胡远满, 常禹, 等. 大兴安岭呼中林业局森林景观格局变化及其驱动力 [J]. 生态学报, 2006, 26 (10): 3347-3357.
- [17] 邵景安, 李阳兵, 魏朝富, 等. 重庆岩溶区景观格局特征分析 [J]. 地理科学进展, 2006, 25 (5): 31-40, 132.
- [18] 李月辉, 吴文, 李娜娜, 等. 森林所有制对景观格局和动物生境的影响研究进展 [J]. 应用生态学报, 2013, 24 (7): 2056-2062.
- [19] 陆元昌, 陈敬忠, 洪玲霞, 等. 遥感影像分类技术在森林景观分类评价中的应用研究 [J]. 林业科学研究, 2005, 18 (1): 31-35.
- [20] QIU J X, TURNER M G. Importance of landscape heterogeneity in sustaining hydrologic ecosystem services in an agricultural watershed [J]. Ecosphere, 2015, 6 (11): 1-19.
- [21] 龚俊杰, 杨华, 邓华锋. 北京明长城沿线景观与生态风险分布格局分析 [J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36 (5): 114-120.
- [22] 胡艳, 杨瑞. 宽阔水自然保护区景观格局特征分析 [J]. 生态科学, 2018, 37 (3): 184-188.
- [23] 张金茜, 巩杰, 马学成, 等. 基于 GeoDA 的甘肃白龙江流域景观破碎化空间关联性 [J]. 生态学杂志, 2018, 37 (5): 1476-1483.
- [24] 付刚, 肖能文, 乔梦萍, 等. 北京市近二十年景观破碎化格局的时空变化 [J]. 生态学报, 2017, 37 (8): 2551-2562.
- [25] 王升堂, 汪洋, 孙贤斌, 等. 基于 GIS 的大别山区霍山县森林景观格局和特征分析 [J]. 安庆师范学院学报 (自然科学版), 2016, 22 (4): 100-105.
- [26] 苏伟忠, 杨英宝. 基于景观生态学的城市空间结构研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.