

湖南森林景观格局演变及影响因子分析

——以湖南金童山国家级自然保护区金童山片区为例

罗紫薇¹, 黎奕晖¹, 胡希军^{1,2}, 杜心宇¹, 韦宝婧¹, 李芮芝¹, 曹诗怡^{1,3}, 胡益⁴

(1.中南林业科技大学 风景园林学院, 长沙 410004; 2.中南林业科技大学 城乡景观生态研究所, 长沙 410004;
3.湖南理工学院土木建筑工程学院, 湖南 岳阳 414006; 4.国家林业和草原局 中南调查规划设计院, 长沙 410014)

摘要:为森林景观格局影响因子的探索和研究提供新视角,以湖南金童山国家级自然保护区金童山片区为研究区域,以 ENVI, ArcGIS 为软件平台,运用地理探测器计算森林景观格局影响因子权重,对 2005—2015 年森林景观格局演变进行了分析。结果表明:(1) 研究区以常绿阔叶林、落叶阔叶林为景观基质;2005—2009 年景观类型动态变化较为频繁,景观类型转移面积总量为 4 116.95 hm²,而转移随着一系列政策措施的开展,2009—2015 年动态变化强度减缓;(2) 从影响因素上看,自然地理因素中的高程因子是影响区域整体景观格局形成的主要因素,面积最大的常绿阔叶林和落叶阔叶林受高程影响最大,人为因素中村民生活干扰和林区干道因子对耕地的分布影响明显;(3) 从景观演替方式来看,常绿阔叶林、落叶阔叶林面积转移以自然演替为主;常绿落叶阔叶林因人为影响与其他景观类型发生相互转换;竹林因其生长特点强势侵入其他景观类型;自然演替与人为影响的双重作用导致灌木林地与牧草地、耕地间发生景观类型转变。因此,森林景观格局的形成和演变是各影响因子对各景观类型综合作用的结果,影响因子类型和权重大小与景观类型转移的方向和数量明显相关。

关键词:森林景观动态演变;景观类型转移;地理探测器;因子探测器;因子解释力

中图分类号:TU986

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2022)01-0368-08

Analysis of Forest Landscape Pattern Evolution and Its Influencing Factors in Hunan Province

—A Case Study of Jintongshan National Nature Reserve in Hunan Province

LUO Ziwei¹, LI Yihui¹, HU Xijun^{1,2}, DU Xinyu¹, WEI Baojing¹, LI Ruizhi¹, CAO Shiyi^{1,3}, HU Yi⁴

(1.College of Landscape Architecture, South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China; 2.Institute of Urban and Rural Landscape Ecology, South

University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China; 3.School of Civil and Architectural

Engineering, Hunan Institute of Science and Technology, Yueyang, Hunan 414006, China; 4.Central South Survey Planning and Design Institute, National Forestry and Grassland Administration, Changsha 410014, China)

Abstract: The purpose of this paper is to provide a new perspective for the exploration and research on the influencing factors of forest landscape pattern taking the Jintong Mountain Area, Hunan Jintong Mountain National Nature Reserve, as the research area, ENVI and ArcGIS as the software platform, we used geographical detector to estimate the forest landscape pattern impact factor weights, and were analyzed the forest landscape pattern evolution from 2005 to 2015. The results show that: (1) evergreen broad-leaved forest and deciduous broad-leaved forest were the landscape matrix of the study area; from 2005 to 2009, the dynamic change of landscape types was relatively frequent, and the total transfered area of landscape types was 4 116.95 hm²; with the development of a series of policies and measures, the dynamic change intensity of

收稿日期:2020-12-23

修回日期:2021-02-23

资助项目:国家林业局重点学科:风景园林学(林人发[2016]21号);湖南省“双一流”学科建设:风景园林学(湘教通[2018]469号);湖南省社科资助项目(XSP18YBZ015);湖南省教育厅科学研究项目(18C0646);湖南省研究生科研创新项目(CX20200701);中南林业科技大学研究生科技创新基金(CX20201016)

第一作者:罗紫薇(1994—),女,湖南株洲人,风景园林学博士研究生,研究方向:景观规划与生态修复。E-mail:luoziwei0412@163.com

通信作者:胡希军(1964—),男,浙江东阳人,教授、博士、博士生导师,研究方向:景观规划与生态修复、风景园林规划与设计。E-mail:120795043@qq.com

landscape types reduced from 2009 to 2015; (2) in terms of influencing factors, the elevation factor in the natural geographical factors was the main factor that affected the formation of the overall landscape pattern in the region; the evergreen broad-leaved forest and deciduous broad-leaved forest with the largest area were most affected by the elevation; among the human factors, the disturbance of villagers life and the factors of main roads in forest had obvious effects on the distribution of cultivated land; (3) from the perspective of landscape succession, the area transfer of evergreen broad-leaved forest and deciduous broad-leaved forest was dominated by natural succession; the evergreen deciduous broad-leaved forest was transformed with other landscape types due to human influence; bamboo forest invaded other landscape types strongly because of its growth characteristics; the dual effects of natural succession and human influence resulted in landscape type transformation among shrub land, grassland and cultivated land. The formation and evolution of forest landscape pattern is the result of the comprehensive effect of various influencing factors on each landscape type, and the type and weight of influencing factors are obviously related to the direction and quantity of landscape type transfer.

Keywords: dynamic evolution of forest landscape; landscape type transfer; geographic detector; factor detector; factor explanatory power

加大自然保护区保护力度、改进保护方式、维护森林生态系统稳定性正是响应生态文明建设目标的重要举措。近年来,湖南围绕“健康森林、美丽湿地、绿色通道、秀美村庄”林业发展主题,强化森林资源保护管理,森林资源呈现持续稳步增长态势。金童山国家级自然保护区是2016年获批湖南省第一个国家公园体制试点的重要片区之一,要回答如何实现人与自然的和谐共处这一根本问题,需要对保护区进行全方位、多层次的数据收集和相关分析,为自然保护区管理体系的建设提供科学依据。

性质、大小及形状各异的森林景观要素在空间上的分布形成了独有的森林景观格局^[1]。景观格局研究多从景观结构^[2]、景观类型转移、景观格局特征^[3-5]、景观格局模拟^[6]和影响因子等^[7]角度入手,从景观格局现状、内部变化、未来预测和驱动力等方面进行分析。针对景观格局影响因子,现有研究中已有较多分析方法,例如:主成分分析^[8]、多元线性回归分析^[9]、地理加权回归分析^[10]、除趋势典范对应分析等^[11]对影响因子进行定性或量化研究。近年来,地理探测器被广泛用于探测空间分异性、揭示分异背后驱动因素。地理探测器包括4个方面的内容——分异及因子探测器、交互作用探测器、风险区探测器和生态探测器,其中,分异及因子探测器中的 q 值可代表各因子对整体空间分异的解释程度,即探测全局驱动力和影响因子。地理探测器在分析区域不同类型空间分布影响因子上的功能强大,适用于进行森林景观格局影响因子方面的研究,在植被覆盖及空间分布方面,王治国等^[12]通过地理探测器计算 q 值分析自然因素、人文因素对植被覆盖的影响,研究结果为当地改善植被覆盖环境提供理论依

据;吴家荣等^[13]运用因子探测器识别影响丹霞梧桐分布的主要环境驱动因子;宋媛等^[14]通过地理探测器从自然因素和人为因素两个方面,识别甘肃省生态环境质量影响因素强度。

本研究以金童山国家级自然保护区金童山片区为湖南森林景观代表,通过对2005年、2009年、2015年三期遥感数据进行景观分类提取,通过景观格局总体演变和景观类型转移矩阵分析2005—2015年金童山国家级自然保护区金童山片区的森林景观格局演变状况,并通过因子探测器定性分析影响森林景观格局形成的内外影响因子、空间量化给出指标权重,并对影响因子权重与景观类型转移量之间的关系进行解释,可充分掌握保护区森林景观的分布规律,为保护区生态调控、低干扰下的适度开发提供借鉴方法和科学素材。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

湖南气候、土壤适宜树木生长,是我国南方重点林区省,森林资源丰富。根据第九次全国森林资源清查结果,湖南省森林面积为1 052.58万 hm^2 ;森林蓄积量达40 715.73万 m^3 ,森林覆盖率达49.69%^[15],主要分布湘西、湘南、湘东的山地区域。湖南金童山国家级自然保护区位于湖南省西南边陲的城步苗族自治县境内,地理坐标为东经110°07′48″—110°33′36″,北纬26°07′39″—26°20′06″,包括明竹老山片区和金童山片区,本研究仅对金童山片区进行研究(图1)。研究区域总面积为10 293 hm^2 ,属中山深谷地貌,气候类型为中亚热带季风湿润气候区山地气候,年平均气温16.1℃,年降水量1 218.5 mm,全年日照

时数在 1 134.6~1 601.5 h, 最高海拔 1 784.1 m。保护区水平地带性土壤为红壤, 母岩以花岗岩、砂岩等为主。保护区植物区系起源古老, 属华中、华南区系的过渡区域, 具有典型的南岭山地区域特征。

保护区建立历程从 20 世纪八十年代开始, 1981 年, 民族老山自然保护区成立; 2009 年, 省级自然保护区建立; 2013 年, 湖南金童山国家级自然保护区建立, 并设立了湖南金童山国家级自然保护区管理处, 对所辖的森林资源进行保护和管理, 可以说, 近 50 a 来湖南金童山国家级自然保护区处于一定的保护状态, 人为干扰受到限制。

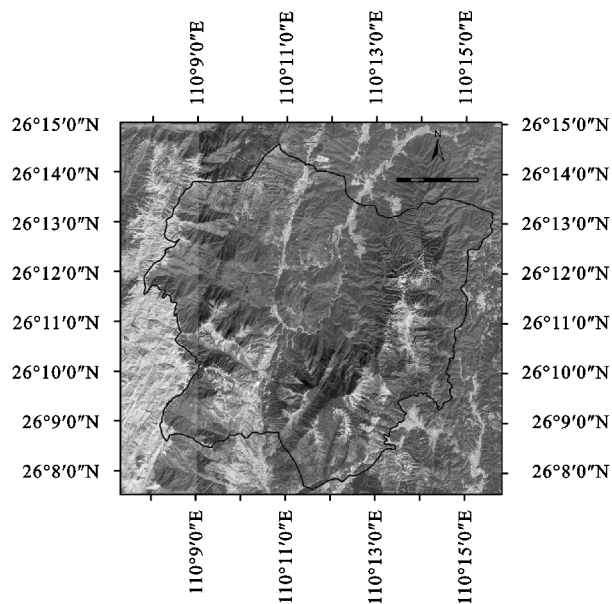


图1 研究区地理区位

1.2 景观分类体系构建

根据研究目的, 同时满足遥感影像监督分类条件, 将森林景观类型主要分为针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿—落叶阔叶林、竹林、灌木林地、耕地、牧草地共 8 类。考虑到研究区河流的形状均为狭窄线状, 建设用地的类型均为房屋或道路, 且被耕地所围绕, 因此, 本研究遥感影像监督分类时, 综合考虑影像分辨率、现状特征及树木的遮挡作用, 将河流、道路、房屋三者信息纳入耕地信息进行监督分类^[16], 在完成遥感影像监督分类后, 结合相关数据, 通过目视解译将河流、道路、房屋单独划出, 此 3 类数据在 2005—2015 年间均无明显变化, 因此不作为森林景观类型参与相应分析。

1.3 数据源与数据预处理

1.3.1 数据源 研究数据主要有研究区 1:10 000 地形图、森林资源 2 类调查数据(2015 年), 2005 年、2009 年、2015 年三期遥感数据。本研究选取了三期分辨率为 30 m×30 m 的 Landsat 遥感影像为数据源(地理空间数据云 <http://www.gscloud.cn/>)。研

究区内用地多为林地, 在选取成像时间时, 多选取植被生长初期或末期质量较好的月份。选取了数据类型级别为 L1T、成像时间为 2005 年 9 月 9 日、2009 年 10 月 6 日的 TM 影像以及 2015 年 4 月 14 日的 OLI_TIRS 影像, 三期影像数据云覆盖率分别为 1%, 0%, 0.45%。其中, 2005 年 9 月 9 日数据存在有云区域, 为使得 3 期数据研究区范围内云覆盖率为 0, 用同年 10 月 11 日的数据进行替换。

1.3.2 数据预处理 L1T 数据产品已经过辐射定标, 故数据预处理只需进行大气校正、正射校正、图像融合和裁剪等步骤, 空间投影坐标系统使用 WGS84UTM 横轴墨卡托投影。综合实地调研采样数据、Google Earth 卫星影像及森林资源二调数据, 在 ENVI 中通过目视判读建立训练样本和验证样本, 并采用最大似然监督分类法对三期影像数据进行分类提取和结果验证, 结果显示 Kappa 系数分别为 0.90, 0.93, 0.94, 满足分类提取要求。为提高分类准确度, 将分类结果进行分类后处理与目视修改。将 ENVI 监督分类数据导出为 Shapefile 格式, 在 Arc GIS 软件中与河流、道路、房屋 Shapefile 数据进行联合, 得到研究区景观类型分布图, 并将各景观类型进行编码, 转为精度为 10 m×10 m 的栅格图。

1.4 因子探测器

地理探测器(Geographical Detector)是探测空间分异性, 以及揭示其背后驱动力的一组统计学方法, 已在自然科学、社会科学、环境科学和人类健康等多领域应用^[17]。本研究采用地理探测器中的因子探测器, 利用 q 值解释各影响因子对景观格局的影响程度。公式如下:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (1)$$

式中: q 的值域为 $[0, 1]$, q 值越大, 表示该自变量对因变量的解释力越强, 反之越弱; L 为自变量或因变量的分层; N 和 N_h 分别为整体和层 h 的单元数; σ_h^2 和 σ^2 分别为层 h 和整体的方差。

将所有自变量的 q 值归一化处理后, 可获得影响景观格局形成的各影响因子权重值。具体步骤为: (1) 格点密度确定, 空间离散点准备。已知三期数据各景观类型内最小斑块面积均大于 10 000 m², 综合考虑地理探测器计算精度和最大计算量, 将研究范围转换为栅格大小 100 m×100 m 的栅格数据, 即可保证在栅格转点后, 每个景观斑块都能在点数据集中表现。(2) 景观数据处理。将三期景观类型分布数据重分类, 用 1~8 代表 8 类景观类型; 提取各年各景观类型

点数据,在 ArcGIS 中进行核密度分析,并采用自然间断点法将进行重分类分级。(3) 影响指标处理。一个区域内景观格局的形成往往受到自然地理因素和人为影响因素两个方面的影响。本研究选取高程、坡度、坡向、水系、土壤以及交通因子(林区干道)、旅游因子(游步道)、

村民生活干扰因子等 8 个影响指标,水系、林区干道、游步道对周围景观格局的影响方式通过研究范围中的点与其间的距离体现(表 1)。在 ArcGIS 中采用以下划分方法将上述影响指标划分为 9 个等级(仅土壤采用 4 分类)进行离散化处理。

表 1 影响指标处理方法

| 数据类型 | 处理方法 |
|-------------------|--|
| 高程;距水系、林区干道、游步道距离 | 自然间断点法分级 |
| 坡度/(°) | 0;1~2;2~5;5~15;15~25;25~35;35~45;45~55;55~90 |
| 坡向 | 0°;45°均分 |
| 土壤 | 山地红壤带 600~700 m;山地黄壤带 700~1200 m;山地黄棕壤带 1200~1600 m;山地草甸土带 1600~1800 m |
| 村民生活干扰 | 各村庄点做核密度分析,自然间断点法分级 |

(4) 数据集准备。在 Arc GIS 中将上述各年的景观类型分布数据、各景观类型密度分级数据和影响指标数据采用多值提取指点的方式提取至整体网格点;将各属性表分别转出至 Excel 参与地理探测器运算。将因子探测器结果归一化处理。

2 结果与分析

2.1 景观格局演变分析

本研究从森林景观格局的外部总体特征、内部景观类型转移两个方面,利用统计分析、转移矩阵分析法对景观格局演变进行多角度分析。

2.1.1 景观格局演变总体分析 研究区总面积为 10 288.94 hm²,由 2005 年、2009 年、2015 年研究区森林景观类型分布情况及各景观类型面积统计表可以得知(图 2,表 2):(1) 从景观类型的平面分布来

看,常绿阔叶林主要分布于研究区北部;落叶阔叶林主要分布于西部和南部;耕地主要分布于道路两旁;针叶林主要为人工种植的杉木林,故而分布比较集中,主要分布于保护区中部高程较低的地带;牧草地主要分布于高海拔区域,且覆盖范围较小;灌木林与竹林的分布较为零散;(2) 从景观类型的规模来看,研究区 90%以上区域均为森林景观,以常绿阔叶林、落叶阔叶林为其景观基质,占总面积超 60%,面积占比较大的景观类型往往分布较为集中;其次为针叶林,牧草地占比最小;(3) 从各景观类型面积变化情况来看,常绿阔叶林面积整体呈现减少状态,落叶阔叶林取代常绿阔叶林成为研究区最主要的景观类型;灌木林地和竹林呈现增长趋势,其中灌木林地增长幅度较大;针叶林、常绿落叶阔叶林、牧草地占比变化幅度较小。

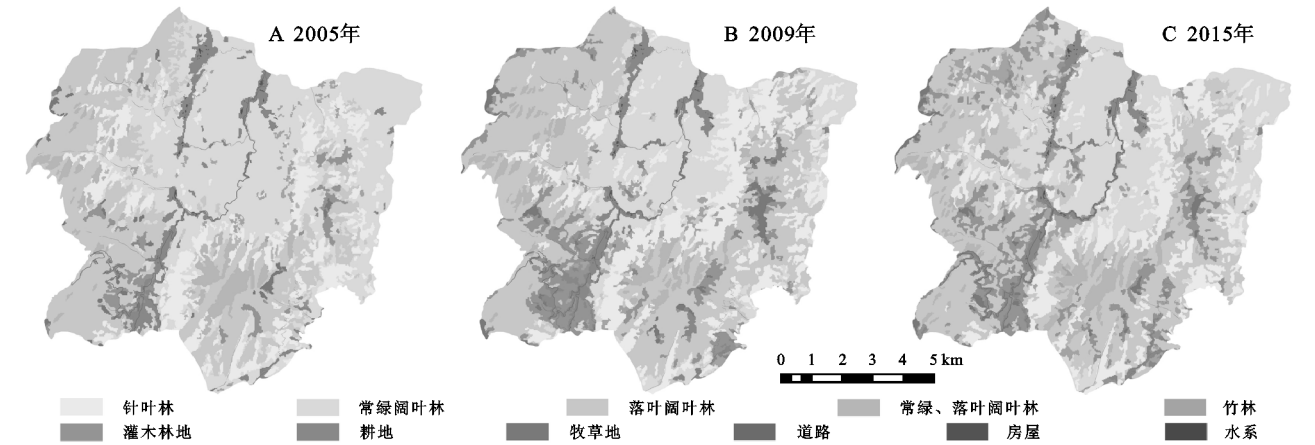


图 2 各年景观类型分布

2.1.2 景观类型转移 在 Arc GIS 中利用面积制表工具,对 2005 年、2009 年、2015 年三期数据的景观类型面积转化情况进行统计,分别得到 2005—2009 年、2009—2015 年研究区域景观类型转移矩阵、并对转入、转出量进行计算(表 3—4)。

由表 3—4 可知,2005—2009 年景观转移面积总量为 4 116.95 hm²,占保护区总面积的 40.01%,保护

区景观类型动态变化较为频繁;2009—2015 年景观转移面积总量为 3 700.58 hm²,占比 35.97%,动态变化情况减缓。落叶阔叶林在 2009 年、2015 年有 80.04%,70%的部分未发生景观类型转变,最为稳定,而常绿阔叶林在 2005—2009 时期段的未转变量为 48.01%,主要向落叶阔叶林、针叶林产生大量转移,2009—2015 年为 70.13%,其变化逐渐趋于稳定;

耕地、针叶林的稳定性也较为良好。竹林、灌木林地、 普遍较为频繁。耕地和牧草地主要与灌木林地之间
牧草地等景观类型由于斑块面积较小,发生转移情况 发生相互转换。

表 2 研究区各年景观类型面积

| 景观类型 | 2005 年 | | 2009 年 | | 2015 年 | |
|----------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | 面积/hm ² | 百分比/% | 面积/hm ² | 百分比/% | 面积/hm ² | 百分比/% |
| 针叶林 | 1430.79 | 13.91 | 1870.81 | 18.18 | 1640.38 | 15.94 |
| 常绿阔叶林 | 4311.34 | 41.90 | 2323.40 | 22.58 | 2500.26 | 24.30 |
| 落叶阔叶林 | 3072.06 | 29.86 | 3850.07 | 37.42 | 3701.41 | 35.97 |
| 常绿、落叶阔叶林 | 459.94 | 4.47 | 513.13 | 4.99 | 522.41 | 5.08 |
| 竹林 | 105.47 | 1.03 | 228.39 | 2.22 | 474.36 | 4.61 |
| 灌木林地 | 267.19 | 2.60 | 742.53 | 7.22 | 747.11 | 7.26 |
| 耕地 | 469.78 | 4.57 | 520.16 | 5.06 | 510.28 | 4.96 |
| 牧草地 | 90.48 | 0.88 | 158.56 | 1.54 | 110.84 | 1.08 |
| 道路 | 55.96 | 0.54 | 55.96 | 0.54 | 55.96 | 0.54 |
| 房屋 | 12.11 | 0.12 | 12.11 | 0.12 | 12.11 | 0.12 |
| 水系 | 13.82 | 0.13 | 13.82 | 0.13 | 13.82 | 0.13 |

表 3 2005—2009 年研究区域景观类型转移矩阵

hm²

| 2009 年 | 2005 年 | | | | | | | | | |
|----------|---------|-----------|-----------|--------------|--------|----------|--------|-------|----------|---------|
| | 针叶林 | 常绿 阔叶林 | 落叶 阔叶林 | 常绿、 落叶阔叶林 | 竹林 | 灌木 林地 | 耕地 | 牧草地 | 总计 | 转入量 |
| 针叶林 | 887.22 | 813.53 | 41.94 | 57.15 | 69.34 | 0.27 | 1.36 | 0 | 1870.81 | 983.59 |
| 常绿阔叶林 | 94.18 | 2069.66 | 58.67 | 0 | 32.53 | 2.07 | 66.29 | 0 | 2323.40 | 253.74 |
| 落叶阔叶林 | 248.70 | 998.97 | 2459.40 | 109.04 | 0.36 | 17.39 | 16.11 | 0.10 | 3850.07 | 1390.67 |
| 常绿、落叶阔叶林 | 165.87 | 37.50 | 13.67 | 292.94 | 3.15 | 0 | 0 | 0 | 513.13 | 220.19 |
| 竹林 | 8.82 | 204.10 | 11.06 | 0.63 | 0 | 0 | 3.78 | 0 | 228.39 | 228.39 |
| 灌木林地 | 25.46 | 54.91 | 457.60 | 0 | 0 | 57.42 | 90.06 | 57.08 | 742.53 | 685.11 |
| 耕地 | 0.54 | 116.74 | 9.82 | 0.18 | 0.09 | 98.59 | 292.18 | 2.02 | 520.16 | 227.98 |
| 牧草地 | 0 | 15.93 | 19.90 | 0 | 0 | 91.45 | 0 | 31.28 | 158.56 | 127.28 |
| 总计 | 1430.79 | 4311.34 | 3072.06 | 459.94 | 105.47 | 267.19 | 469.78 | 90.48 | 10207.05 | |
| 转出量 | 543.57 | 2241.68 | 612.66 | 167 | 105.47 | 209.77 | 177.60 | 59.20 | | 4116.95 |

表 4 2009—2015 年研究区域景观类型转移矩阵

hm²

| 2015 年 | 2009 年 | | | | | | | | | |
|----------|---------|-----------|-----------|--------------|--------|----------|--------|--------|----------|---------|
| | 针叶林 | 常绿 阔叶林 | 落叶 阔叶林 | 常绿、 落叶阔叶林 | 竹林 | 灌木 林地 | 耕地 | 牧草地 | 总计 | 转入量 |
| 针叶林 | 1069.11 | 253.99 | 147.04 | 161.73 | 4.80 | 2.21 | 1.50 | 0 | 1640.38 | 571.27 |
| 常绿阔叶林 | 336.39 | 1629.40 | 436.85 | 0.09 | 83.71 | 4.55 | 9.27 | 0 | 2500.26 | 870.86 |
| 落叶阔叶林 | 345.99 | 175.36 | 2694.78 | 59.58 | 96.62 | 279.51 | 37.34 | 12.23 | 3701.41 | 1006.63 |
| 常绿、落叶阔叶林 | 65.88 | 0 | 165.15 | 287.51 | 2.07 | 0.45 | 0.72 | 0.63 | 522.41 | 234.90 |
| 竹林 | 24.51 | 186.06 | 209.13 | 1.26 | 23.94 | 3.33 | 26.13 | 0 | 474.36 | 450.42 |
| 灌木林地 | 21.70 | 19.17 | 167.16 | 0.63 | 7.98 | 378.58 | 70.88 | 81.01 | 747.11 | 368.53 |
| 耕地 | 7.23 | 59.33 | 25.49 | 2.33 | 9.27 | 43.81 | 360.64 | 2.18 | 510.28 | 149.64 |
| 牧草地 | 0 | 0.09 | 4.47 | 0 | 0 | 30.09 | 13.68 | 62.51 | 110.84 | 48.33 |
| 总计 | 1870.81 | 2323.4 | 3850.07 | 513.13 | 228.39 | 742.53 | 520.16 | 158.56 | 10207.05 | |
| 转出量 | 801.70 | 694.00 | 1155.29 | 225.62 | 204.45 | 363.95 | 159.52 | 96.05 | | 3700.58 |

2.2 影响因子分析

本研究主要从自然地理因素和人为影响因素两个方面进行定量分析,从社会及政策角度进行原因分析及补充。遵循区域特殊性和数据可获取性等原则,

为反映 10 a 间影响森林景观格局的因子权重变化,选择高程、坡度、坡向、水系、土壤等 5 类自然地理因素因子;鉴于研究区的用地性质为国家级自然保护区,选用交通因子(林区干道)、旅游因子(游步道)、村

民生活干扰因子等 3 类人为影响因素。

影响因子分析从景观级别和景观类型级别两个方面分别进行描述。

2.2.1 景观级别影响因子分析 为探究各影响因子对整体景观格局影响的权重大小,在地理探测器中,分别将三期整体景观类型分布作为因变量,当年 8 类影响因子作为自变量进行运算, q 值归一化后的结果(图 3)显示,各指标因素的影响力排序为 2005 年:村民生活干扰>高程>坡向>土壤>林区干道>坡度>水系>游步道,2009 年:高程>坡向>土壤>坡度>林区干道>村民生活干扰>游步道>水系,2015 年:高程>坡度>村民生活干扰>土壤>坡向>林区干道>水系>游步道。

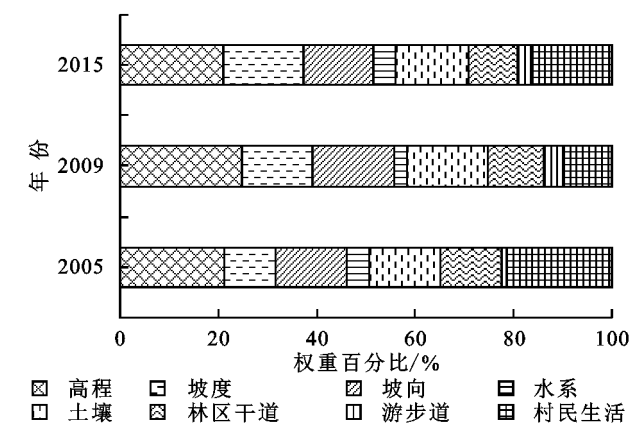


图 3 2005—2015 年整体景观格局影响因子权重分布

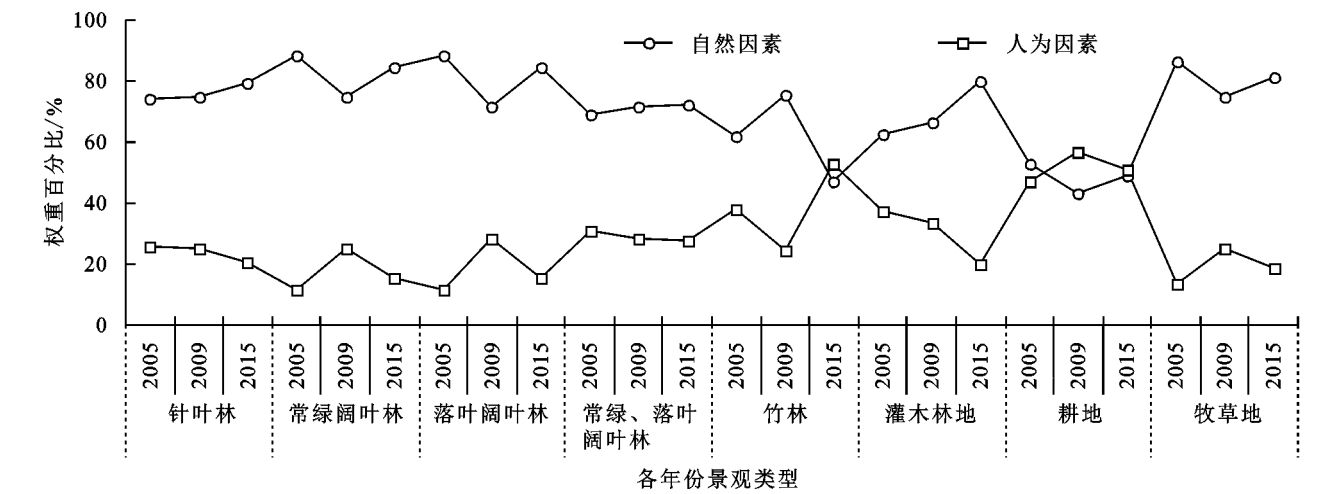


图 4 各景观类型两类影响因素权重占比

由图 4 可知,自然、人文两类因素对不同森林景观类型分布的影响力度存在差异。在 8 类景观类型中,针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林和常绿、落叶阔叶林受自然因素影响较大,各年权重均在 0.6 以上,由景观分布图可知,此类景观类型斑块面积较大,意味着同一类型景观覆盖面广、分布集中,人为影响程度有限,因此,受到地形、地貌及小气候等自然地理

(1) 因子属性上,自然地理因素与人为影响因素均对区域景观格局形成产生重要影响。自然地理因素占优势,三年占比均超 65%,这是由于研究区以山地为主,内部环境复杂,小范围的立体小气候特点,结合金童山较为清晰的土壤垂直分布规律,影响着植被分布,进而形成多变的景观格局。人为影响因素方面,由于村民生活干扰因子在 2005 年影响强度最大,2009 年强度最小,其他因子在 10 a 间变化程度不明显,总体人为影响强度变化呈相同规律;(2) 总体权重占比上,2005—2015 年,自然地理因素中高程影响各年整体景观格局的力度始终最大,水系影响最小,3 类人为因素中村民生活干扰的影响力度最大;(3) 权重时间变化上,高程、坡向、土壤因素对景观格局的影响权重呈波动趋势,坡度的影响权重呈上升趋势;由于 2009 年湖南城步金童山省级自然保护区成立,随后《关于设置城步苗族自治县金童山自然保护区管理处的批复》、《湖南城步金童山省级自然保护区管理办法》等政策的发布,保护区林区干道、村民生活干扰影响得到有效控制,影响权重减小。

2.2.2 景观类型级别影响因子分析 将各影响因子作为自变量,分别将三年各景观类型分布作为因变量,载入地理探测器运算,获得影响各景观类型分布的影响因子权重大小及三期数据的变化情况(图 4—5)。

因素的影响较大;人为因素对耕地分布的影响明显,这是由于研究区内道路和村庄等人为影响因子与耕地均主要分布在中、低海拔区域,游客、农民活动较多,同时,金童山片区的试验区毗邻南山牧场,政府鼓励周边村民利用山林、草场资源积极发展林下种植和养殖业,转换经济发展模式,减少对森林资源的依赖,因此在 10 a 间耕地面积发生增长,故耕地对两

类影响因素的响应程度相当,甚至在 2009 年人为影响因素的影响强度超过了 50%;同样由于一系列政

策、措施的实行,竹林、灌木林地的两类影响因素权重波动较大。

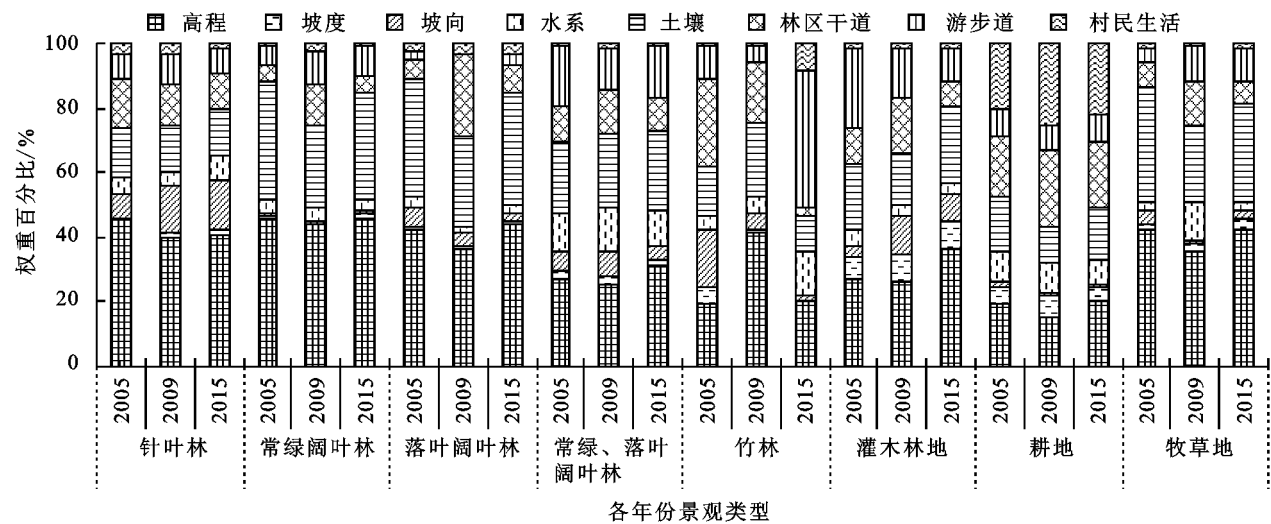


图 5 2005—2015 年各景观类型影响因子权重分布

由图 5 可知,针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林分布受高程影响最大,统计各景观数据中高程分布,可见此 3 类景观分别集中分布在海拔 1 000~1 400 m, 800~1 200 m, 1 000~1 600 m,其他高程地带少有分布,常绿阔叶林、落叶阔叶林同时受土壤分布的影响;常绿、落叶阔叶林主要受到高程、土壤和游步道的影响,竹林对高程、游步道的影响反映明显,牧草地主要受到高程、土壤的较大影响;而对于中低海拔且斑块较破碎的灌木林地和耕地而言,更多的受到高程、游步道、村民生活干扰的影响,与权重结果相对应;坡度、坡向、水系对各景观类型分布影响较小。

2.2.3 影响因子权重与各类型转移量关系 由上述影响因子分析可以对景观格局演变分析中的景观类型转移进行解释:(1) 针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林是研究区内的主要景观类型,面积较大,地理探测器结果显示其自然地理因素占比较大,面积转移以自然演替为主;(2) 常绿、落叶阔叶林因人为影响而发展受限,景观斑块大小和位置发生变动,被以落叶阔叶林为主的其他景观类型替代,同时其他类型也经过自然演替形成了常绿落叶阔叶林,因此其总面积呈增长趋势;(3) 竹林因其无性繁殖能力及蔓延生长特点,对研究区典型森林景观进行侵入,占据大量其他景观类型面积,故面积转移矩阵中出现针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林向竹林转移的情况;(4) 一方面牧草地经自然演替转变为灌木林地,另一方面灌木林地受较大的人为干扰影响而发生逆向演替形成了牧草地,2005—2009 年由于人为干扰影响发生的速率大于自然演替,故在此间牧草地面积增加,随着保护力度的

加大,人为干扰减少,牧草地逐渐向更高层景观类型转变;(5) 耕地景观的分布主要受人为影响因素的干扰,耕地的增加主要是由于人为的开垦,而弃耕又会导致耕地向灌木林演替,两个原因的作用范围存在差异,导致了耕地面积的增加及其景观格局的形成。

2.3 讨论

景观格局是受到多种因素相互作用下的复合结果。本研究以湖南金童山国家级自然保护区金童山片区为湖南森林景观代表,从自然地理、人为两个角度提取了高程、坡度、坡向、水系、土壤、交通(林区干道)、旅游(游步道)、村民生活干扰因子等共计 8 个因子进行其森林景观格局形成的影响因素研究,其中水系、主路和次路的影响通过距离远近表示,3 个距离数据是在 TerrSet 软件下,运用 Distance 工具获得的平面距离分布图,与山地环境中的实际距离存在差异,可能在一定程度上影响权重的结果。同时,本研究区复杂的小气候效应更加剧了全面揭示影响因子的难度,为寻求更为细致和本土化的景观格局影响因子,未来可提高研究精度,考虑生物因素,对局部环境指标进行监测。

本研究创新性地分析了影响因子权重与各类型转移量之间的关系,但仍处于一个定性的认识阶段,今后可尝试通过定量的方法将影响因子与转移量之间的内在关系进行量化,剖析景观类型发生转移以及转移量大小的深层原因。

针对景观格局模拟,可利用现有数据,选择模型对景观格局进行模拟预测,并考虑运用地理探测器因子探测的方法对适宜性图集中所用的影响因子图集

进行权重修正,避免人为主观判定,提高适宜性图集的客观性、科学性和本土适用性。同时,针对森林景观格局的特殊性,可尝试通过植物遥感反演结合地面实测的方法,运用编程手段反演、计算植被的各项指标,并对未来植被生长情况进行预测,从而达到对未来整个景观格局模拟预测、提出科学干预手段、保证森林景观格局稳定且健康的最终目的。

3 结 论

(1) 湖南金童山自然保护区金童山片区 90% 以上区域均为森林景观,以常绿阔叶林、落叶阔叶林为其景观基质,牧草地面积占比最小;常绿阔叶林面积减少量较大,2009 年被落叶阔叶林超越成为研究区最主要的景观类型。2005—2009 年景观类型动态变化较为频繁,2009—2015 年情况减缓。常绿阔叶林向落叶阔叶林、针叶林产生大量转移,落叶阔叶林转移率小,最为稳定;竹林、灌木林地、牧草地等景观类型转移情况较为频繁。

(2) 整体上,自然地理因素是主要影响区域整体景观格局形成的因素,除 2005 年村民生活干扰对森林景观的影响力度最大外,2009 年、2015 年高程的影响力度始终最大,游步道及水系的影响最小;各景观类型上,人为因素对耕地的分布影响明显,常绿阔叶林和落叶阔叶林内部自然条件情况复杂,受自然地理因素影响较大,其中,受高程影响最大;常绿、落叶阔叶林主要受到高程、土壤和游步道的影响,竹林对高程、游步道的影响反映明显,牧草地主要受到高程、土壤的较大影响;坡度、坡向、水系对各景观类型分布影响较小。

(3) 影响因子分析可对景观类型转移进行解释:常绿阔叶林、落叶阔叶林面积转移以自然演替为主;常绿落叶阔叶林因人为影响导致景观斑块大小和位置发生变动,与其他景观类型发生相互转换;竹林对典型森林景观进行侵入,占据大量其他景观类型面积;自然演替与人为影响的双重作用导致牧草地与灌木林地、耕地与灌木林地上发生景观类型转变。可见,研究区森林景观格局的形成是各影响因子对各景观类型综合作用的结果。

参考文献:

[1] 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.

[2] 张凯旋,施佳颖,孟陈.2000—2018 年上海顾村郊野森林公园景观格局演变及其影响因素研究[J].西南林业大学学报:自然科学,2020,40(3):139-147.

[3] 王美玲,张继超,王舶鉴,等.长白山区森林景观格局动态[J].生态学杂志,2017,36(11):3138-3147.

[4] 高瑞馨,尹艳豹,王凤友.黑龙江林口林业局森林景观格局特征[J].生态学杂志,2007,26(7):995-1001.

[5] Palmero-Iniesta M, Espelta J M, Gordillo J, et al. Changes in forest landscape patterns resulting from recent afforestation in Europe(1990—2012):Defragmentation of pre-existing forest versus new patch proliferation[J]. Annals of Forest Science, 2020,77(2):1-15.

[6] 罗紫薇,胡希军,韦宝婧,等.基于多准则 CA-Markov 模型的城市景观格局演变与预测:以上杭县城区为例[J].经济地理,2020,40(10):58-66.

[7] 刘光磊,张红,胡冠琛.山西娄烦县森林景观格局及其影响因子[J].生态学杂志,2013,32(12):3344-3350.

[8] 孟超,王计平,支晓蓉,等.乡镇尺度森林景观格局特征与影响因素定量分析[J].农业机械学报,2019,50(3):212-220.

[9] 陶荣,孔雪松,陈翠芳,等.“二调”以来湖北省耕地变化的时空特征及其驱动因子识别[J].水土保持研究,2019,26(6):290-295.

[10] 臧亮,梁红颖,梁文涛,等.基于景观格局的卢龙县耕地细碎化评价及影响因素研究[J].水土保持研究,2018,25(6):265-269,276.

[11] 徐妍.地形生态因子对山地森林景观格局影响分析[J].农家参谋,2018,28(14):128.

[12] 王治国,白永平,车磊,等.关中平原城市群植被覆盖的时空特征与影响因素[J].干旱区地理,2020,43(4):1041-1050.

[13] 吴家荣,韦宝婧,胡希军,等.基于地理探测器的丹霞梧桐空间分布与生境因子的相关性[J].应用生态学报,2020,31(8):2671-2679.

[14] 宋媛,石惠春,谢敏慧,等.2000—2017 年甘肃省生态环境质量时空演变格局及其影响因素[J].生态学杂志,2019,38(12):3800-3808.

[15] 国家林业和草原局.国家林业局关于公布第九次全国森林资源清查吉林等 7 省(市)主要清查结果的通知[ER/OL]. <http://www.forestry.gov.cn/main/65/20150428/761403.html>.

[16] 黎奕晖.湖南金童山自然保护区金童山片区森林景观格局评价研究[D].长沙:中南林业科技大学,2019.

[17] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.