

# 福州国家森林公园景观格局变迁及驱动力分析

阙晨曦,池梦薇,陈 铸,靳 珂,兰思仁\*

(福建农林大学 园林学院,福建 福州 350002)

**摘 要:**在 RS 和 GIS 技术支持下,解译福州国家森林公园 4 期遥感影像,对福州国家森林公园景观格局进行量化分析并探究其影响因素。结果表明,1)阔叶林地面积呈增加趋势、针叶林地面积保持稳定、竹类面积呈减少趋势、混交林地面积呈先增后减趋势、建设用地面积呈先减后增趋势。2)各类斑块呈异质性分布,其中混交林地破碎化程度最大,针叶林地破碎化程度最小;森林景观水平优势斑块在 2002 年发生较大波动后恢复稳定,破碎化程度呈先增后减趋势,生态多样性先减少后呈现均衡化发展趋势。3)景观格局演变受自然和社会经济因素共同影响。自然因素对植被分布特性影响较大,对景观格局影响较小;第一产业、人口数量和地区总产值对景观格局影响最大。

**关键词:**景观格局;量化分析;驱动力;福州国家森林公园

**中图分类号:**S757.22      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2017)06-0169-09

## Landscape Pattern Changes and Driving Force of Fuzhou National Forest Park

QUE Chen-xi, CHI Meng-wei, CHEN Zhu, JIN Ke, LAN Si-ren\*

(College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

**Abstract:** With the support of RS and GIS technology, remote-sensing images of four periods of Fuzhou National Forest Park were interpreted. The landscape patterns and affecting factors of the park was analyzed quantitatively. The results showed that 1) the area of broad-leaved forests increased, and the area of coniferous forests remained stable, while the area of bamboo decreased, and the area of mixed forests increased first and then decreased, similarly, the area of construction land decreased first and then increased. 2) All types of patches showed heterogeneous distribution, among which mixed forests had the highest degree of fragmentation, and the lowest for coniferous forests; the patches with horizontal dominance of forest landscape restored stability after a big fluctuation in 2002, besides, the degree of its fragmentation increased first and then decreased, and ecological diversity decreased first and then presented a trend of balanced development. 3) The evolution of landscape pattern was influenced by both natural and social economic factors. Natural factors had great influence on the distribution characteristics of vegetation, and had little influence on the landscape pattern. Primary industry, population and total value of output of areas had the strongest influence on landscape pattern.

**Key words:** landscape pattern; driving force; Fuzhou National Forest Park

森林景观格局是以森林生态系统为主体,由大小形状不一的景观斑块类型组成,是自然环境和人为活动对森林生态系统结构共同作用的结果,影响着森林景观能量流、物质流和物种流的变化<sup>[1-2]</sup>。全

球气候变化问题加剧,导致自然灾害频繁等负面现象,森林系统的物种组成和结构随之发生改变;人类生活水平的逐步提高与旅游意识的觉醒,促使森林生态旅游逐渐兴起,严重影响森林生态系统的结构

收稿日期:2017-05-17 修回日期:2017-07-04

基金项目:国家科技支撑计划课题(2014BAD15B01);国家林业局“森林公园工程技术研究中心开放课题”(PTJH1500206)。

作者简介:阙晨曦,女,在读博士,讲师,研究方向:风景园林规划与设计、风景园林历史与理论。E-mail:chenxi\_que@126.com

\* 通信作者:兰思仁,男,教授,博士生导师,研究方向:风景园林规划设计。E-mail:lsr9636@163.com

与布局<sup>[3]</sup>。RS 为在不同时序条件及不同需求目的下对森林景观进行分析提供了可靠的空间信息来源,GIS 的空间信息处理能力为森林景观快速空间定位及分析动态过程变化提供强大技术支撑。目前多运用 RS 技术获取森林地表景观信息,运用 GIS 技术对森林景观格局的信息定量化和空间分析;两者结合已成为森林景观生态学变化研究的重要途径和手段<sup>[4]</sup>。通过对森林景观格局定量分析,了解和掌握景观空间结构的变化规律,为更科学的管理和建设提供科学依据。本研究利用 1996—2015 年福州国家森林公园 4 期遥感影像数据以及福州统计年鉴等资料,结合遥感和地理信息技术对公园的森林覆被情况进行模拟分析,对福州国家森林公园景观格局演变进行量化分析,综合时间和空间特征,探寻森林景观格局的潜在规律,希望能够探究福州森林公园景观格局产生时空变化的驱动因子及其作用机制,以期为福州国家森林公园景观格局的优化及生态系统可持续发展经营提供理论基础,为森林的规

划开发提供依据。

# 1 研究区概况

研究区为福州国家森林公园,位于福州晋安区新店镇(图 1),东接连江,西至闽侯县,南临长乐市,北接罗源县,总面积 859.33 hm<sup>2</sup>。地势西北高东南低,地貌以低山丘陵为主,三面环山,南面临水。园区内土壤以红壤为主,土壤剖面显强酸性,下层为红棕色或桔红色,底层有红、黄、白交错的网状层。公园植被类型丰富,种类繁多,区系属亚热带常绿阔叶林区域、南亚热带季风常绿阔叶林地带,分布主要以马尾松(*Pinus massoniana*)、木荷(*Schima superba*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)等。地处属亚热带季风气候,气候温暖,雨量充沛,降水多集中夏季,年均降水量 1 343.7 mm,年平均气温为 19.6℃,年均相对湿度为 79%,年均日照时间为 1 848.2 h。



图 1 福州国家森林公园区位

Fig. 1 The location of Fuzhou National Forest Park

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源及处理

遥感数据源采用空间分辨率为 30m 的美国陆地卫星(LANDSAT)系列卫星,根据数据质量、云量选择成像时间为 1996 年 9 月、2002 年 7 月、2010 年 10 月和 2015 年 9 月的遥感影像。运用 ENVI5.1 对遥感影像进行辐射校正、波段组合以及裁剪等预

处理;通过对森林公园实地探索,根据森林要素资源调查,并结合 NDVI 植被指数作为辅助数据使分类更精准,将研究区覆被类型分为:针叶林、阔叶林、竹类、混交林和建设用地 5 种覆被类型<sup>[5-6]</sup>,为确保分类精度验证了 KAPPA 系数,分别为 91.99%、89.43%、85.36%和 92.27%,达到了分类精度要求。最终获得了不同时期的森林植被覆被(图 2)。

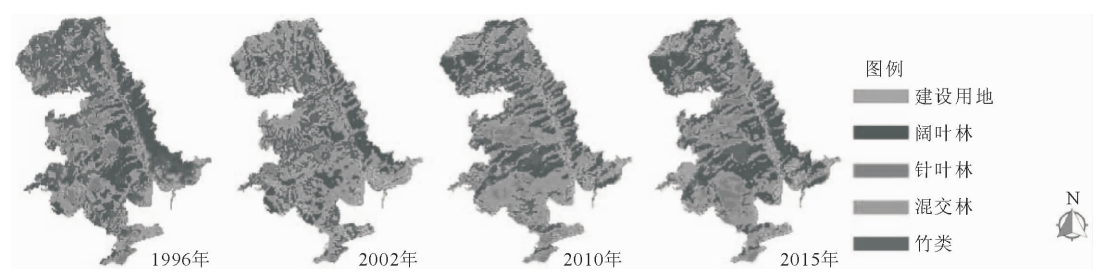


图 2 福州国家森林公园植被覆被图

Fig. 2 Vegetation coverage map of Fuzhou National Forest Park in four periods during 1996~2015

GDEM V2 30m 分辨率数字高程数据,来源于中科院数据云平台(<http://www.gscloud.cn>)。对 DEM 数据提取坡度、坡向和海拔等信息,按照《水土保持综合治理规划通则》(GB\_T15772—1995),将坡度分级标准为:微坡为 $<5^{\circ}$ ,缓坡为 $5\sim15^{\circ}$ ,斜坡为 $15\sim25^{\circ}$ ,陡坡为 $25\sim35^{\circ}$ ,急陡坡为 $35\sim45^{\circ}$ ,险

坡为 $>45^{\circ}$ 等 6 类;将坡度分为平面、北坡、东北坡、西北坡、东坡、东南坡、南坡、西南坡和西坡等 9 类;充分考虑福州森林国家公园的植被覆被特点,将高程分为 10 级(图 3)。

福州国家森林公园年平均气温、降水及日照时长数据来源于中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)。

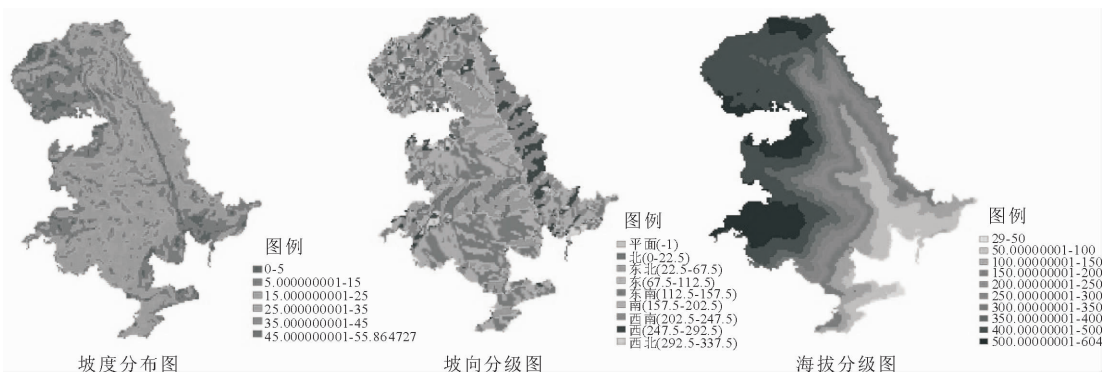


图 3 福州国家森林公园坡度、坡向和海拔

Fig. 3 Slope, aspect, altitude maps of Fuzhou National Forest Park

2.2 景观格局量化分析方法

采用景观指数<sup>[7]</sup> 计算软件 Fragstats 4.2 对福州国家森林公园的覆被信息进行定量分析,根据空间粒度<sup>[8]</sup>、幅度<sup>[9]</sup>及分辨率<sup>[10]</sup>等因素选择多个指数来研究分析福州国家森林公园景观格局:斑块类型面积(CA)、最大斑块指数(LPI)和斑块平均面积(AREA\_MN)、周长—面积分维数(PAFRAC)、斑块密度 PD、边缘密度 ED、聚集度指数 COHESION)、Shannon 多样性指数(SHDI)、Shannon 均匀度指数(SHEI)、蔓延度(CONTAG)、景观分离度(DIVISION)和聚合度指数(AI)<sup>[11]</sup>。

2.3 森林景观变化驱动力因子分析

影响森林公园景观变化的因子复杂多样,主要可以概况为自然因素和人文因素两大类。自然因素主要包括气温、降雨、日照时长和地形等因子,是森林景观覆盖产生差异从而形成明显的区域性特点主要原因<sup>[12]</sup>,奠定了森林植被空间分布格局;人为因子主要包括农业、工业、服务业、人口分布、消费能力以及地区总产值等。通过对 1996—2015 年森林景观格局空间格局变化的自然因素及社会经济因素进

行分析,从而更精准的研究和把握森林景观格局变化的内在规律。

3 结果与分析

3.1 福州国家森林公园森林植被覆被及景观格局动态变化分析

3.1.1 森林植被覆被面积演变分析 1996—2015 年福州国家森林公园覆被类型变化分析(表 1)表明,阔叶林面积呈现先减少后增加的趋势,在 1996 年后面积出现减少,从 229.95 hm<sup>2</sup> 减少到 174.33 hm<sup>2</sup>;针叶林面积在 1996—2010 年逐渐增大,在 2010 年后面积逐渐出现小幅度减少并逐渐趋于稳定;竹类作为重要的经济林业,竹类植被面积自 1996—2015 年面积逐渐减少,从 323.64 hm<sup>2</sup> 减少至 119.97 hm<sup>2</sup>,缩减了 62.9%;混交林从 1996—2010 年的面积持续增加,在 2015 年有所减少,混交林主要分布与公园建设用地及山地之间的区域,受人为活动影响较大;建设用地面积从 1996 年的 153.09 hm<sup>2</sup> 减少至 2010 年的 82.35 hm<sup>2</sup>,在 2015 年后迎来公园大建设,为满足人们对森林生态旅游

的需求,逐渐增加了公园基础设施。从斑块面积变化波动可看出福州国家森林公园优势植被种群为混交林和阔叶林逐渐替代了竹类植被的优势地位,生态稳定性较差,生态脆弱性较明显。

表 1 1996—2015 年福州国家森林公园覆被类型变化分析

森林覆被类型	森林覆被类型面积/hm <sup>2</sup>				1996—2002 年 变化率/%	2002—2010 年 变化率/%	2010—2015 年 变化率/%
	1996 年	2002 年	2010 年	2015 年			
阔叶林	229.95	174.33	241.65	361.26	−24.18	38.61	49.49
针叶林	80.64	90.18	82.89	83.25	11.83	−8.08	0.43
竹类	323.64	283.68	185.13	119.97	−12.34	−34.73	−35.19
混交林	306.36	473.31	501.66	414.18	54.49	5.98	17.43
建设用地	153.09	72.18	82.35	115.56	−52.85	14.08	40.32

3.1.2 福州国家森林公园景观格局动态变化分析

1996—2015 年福州国家森林公园斑块类型景观指数变化(图 4)表明,斑块密度(PD)反映景观异质性,5 种斑块类型呈明显异质性分布,阔叶林地、针叶林地和建设用地斑块密度变化较小,竹类和混交林地斑块密度波动较大;边缘密度(ED)指景观斑块被边界的割裂程度,反映外界干扰程度。阔叶林地、混交林地和建设用地 ED 指数呈增长趋势,且混交林地 ED 指数较大,受外界干扰程度最大;针叶林地 ED 指数基本保持不变,稳定性较好;竹类植被 ED 指数呈递减趋势;聚合度指数(COHESION)是指景观斑块的连接度,混交林地和阔叶林地 COHESION 指数处于较高水平,阔叶林地 COHESION 指数先减少后增加,混交林基本保持稳定;建设用地 COHESION 指数先减少后增加,伴随旅游不同阶

段发展,森林公园内部景观游览路线逐渐优化,斑块连接度由减少逐渐增加;针叶林地斑块 COHESION 指数基本保持稳定;竹类斑块 COHESION 指数在 2002 年后出现锐减趋势,应主要受扰人为采伐干扰,导致斑块连接性降低。斑块平均面积(AREA\_MN)反映森林景观的斑块破碎化程度。混交林地 AREA\_MN 指数最大,且波动较大,1996—2002 年呈增长趋势,2002—2015 年呈递减趋势;阔叶林地在 1996—2010 年间较稳定,竹类植被 AREA\_MN 指数呈现先增加后减少趋势;建设用地 AREA\_MN 指数呈现先减少后增加趋势;针叶林地 AREA\_MN 指数较稳定,且指数最小,斑块破碎化程度最小;1996—2015 年各类斑块间变化较大,受人为活动及外界自然环境影响较大,稳定性较差。

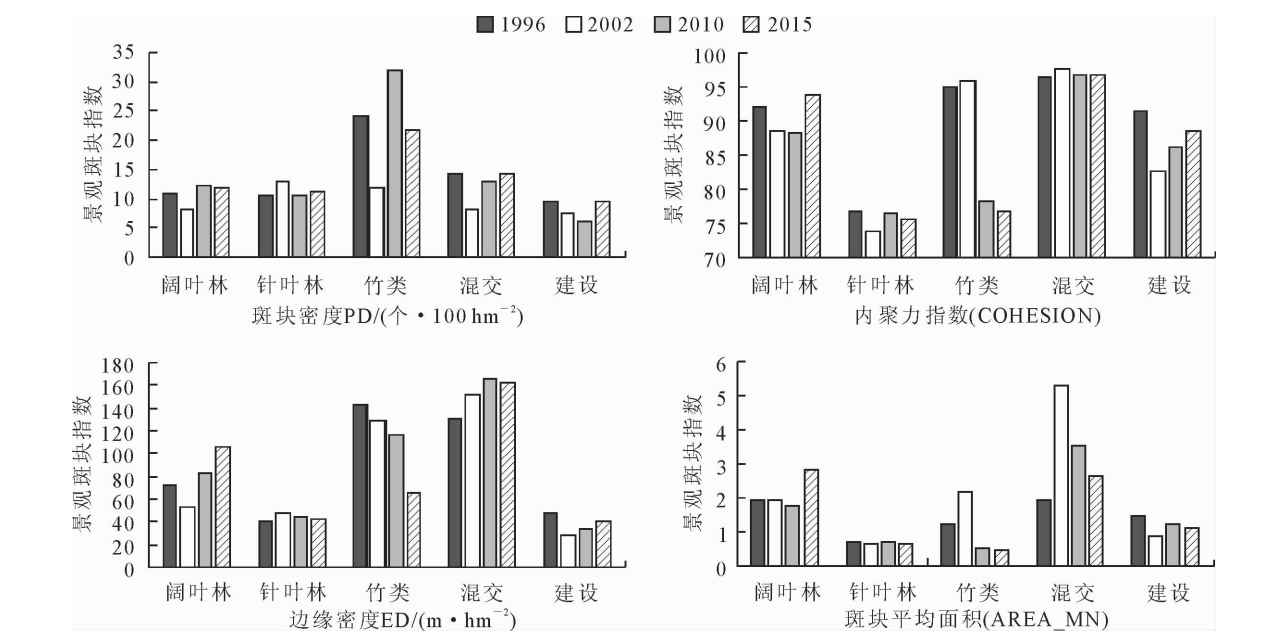


图 4 1996—2015 年福州国家森林公园景观指数变化

Fig. 4 Landscape index change map of Fuzhou National Forest Park during 1996—2015

1996—2015 年福州国家森林公园景观水平景观指数(表 2)表明,景观最大斑块数(LPI)在 2002 年出现轻微波动后,其他年份均较稳定,表明景观中的优势斑块面积变化不大;面积周长分维数(PAF-RAC)在 1996—2015 年间变化很小,维持在稳定的水平,表明虽然各类斑块受外界干扰较大,但森林公



园整体景观形状水平保持稳定;蔓延度指数(CONTAG)呈现先增加后减少的变化趋势,表明景观在自然环境及人为活动影响下,景观破碎化和间断分布程度先增加后趋于稳定;Shannon 多样性指数(SHDI)和 Shannon 均匀度指数(SHEI)在 1996—2015 年减少后趋于稳定,表明森林公园景观多样性和均匀度水平逐渐呈现均衡化发展趋势;聚合度指数(AI)在 20 年间变化波动,表明森林公园景观破碎度和景观聚集度受环境影响,不断发生变化。

3.2 福州国家森林公园景观格局时空变化的驱动因子分析

3.2.1 自然因素 森林公园景观斑块分布随着海拔的变化明显呈现有规律的垂直分异特征(图 5)。1996—2015 年,在 50~150 m 处建设用地斑块处于优势,且建设用地和针叶林地在各个海拔分布变化不大,较稳定;在 150~300 m 处各类斑块分布均

衡,且年际变化不大;大部分植物分布在海拔 300~600 m 处,且从 1996 年的主要优势斑块竹类面积逐渐减少,优势地位逐渐由阔叶林混交林代替;竹类面积在 300~600 m 处面积减少 52.66%;阔叶林地面积在 300~600 m 处面积增加 227.33%;混交林地面积在 300~600 m 处面积增加 49.90%。

森林各景观斑块类型在各个坡度均有不同面积的分布,不同斑块类型拥有坡度分布异质性,且保持着相对稳定的分布状态;阔叶林地主要分布在缓坡、斜坡和陡坡上,且面积呈递增趋势;针叶林地在斜坡、陡坡和急坡上分布较多,处于较稳定状态;竹类植被主要在缓坡、斜坡和陡坡上分布较多,虽然竹类面积出现锐减,但是分布的主要区域位置保持不变;混交林地面积先增加后减少,主要分布保持在斜坡、斜坡和陡坡上(图 6)。

表 2 1995—2015 年福州国家森林公园景观格局指数动态变化

年份	最大斑块指数 (LPI)	面积周长分维数 (PAFRAC)	蔓延度指数 (CONTAG)	多样性指数 (SHDI)	均匀度指数 (SHEI)	聚合度指数 (AI)
1996	14.27	1.482	22.22	1.51	0.93	66.26
2002	17.20	1.486	29.69	1.39	0.86	68.07
2010	13.71	1.496	26.75	1.38	0.85	65.53
2015	14.41	1.479	26.58	1.40	0.87	67.34

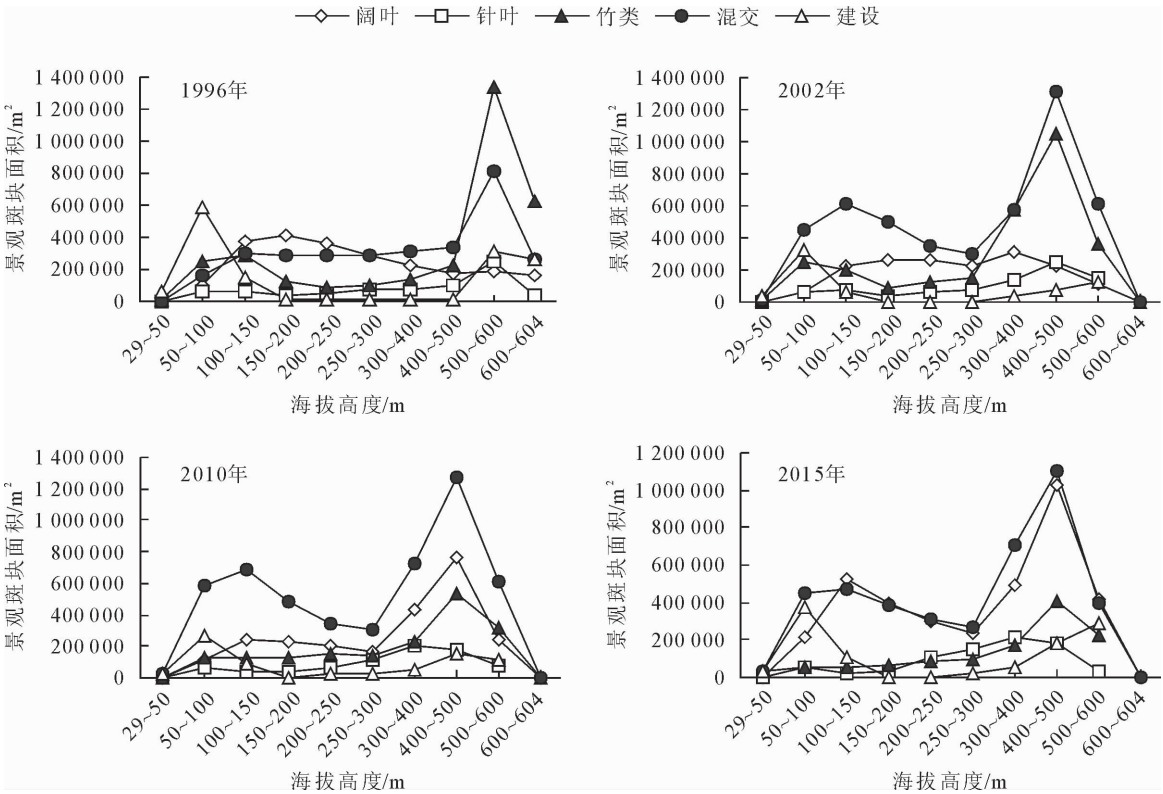


图 5 1996—2015 年福州国家森林公园不同景观海拔分布

Fig. 5 Distribution of landscape types at different altitudes in Fuzhou National Forest Park during 1996—2015

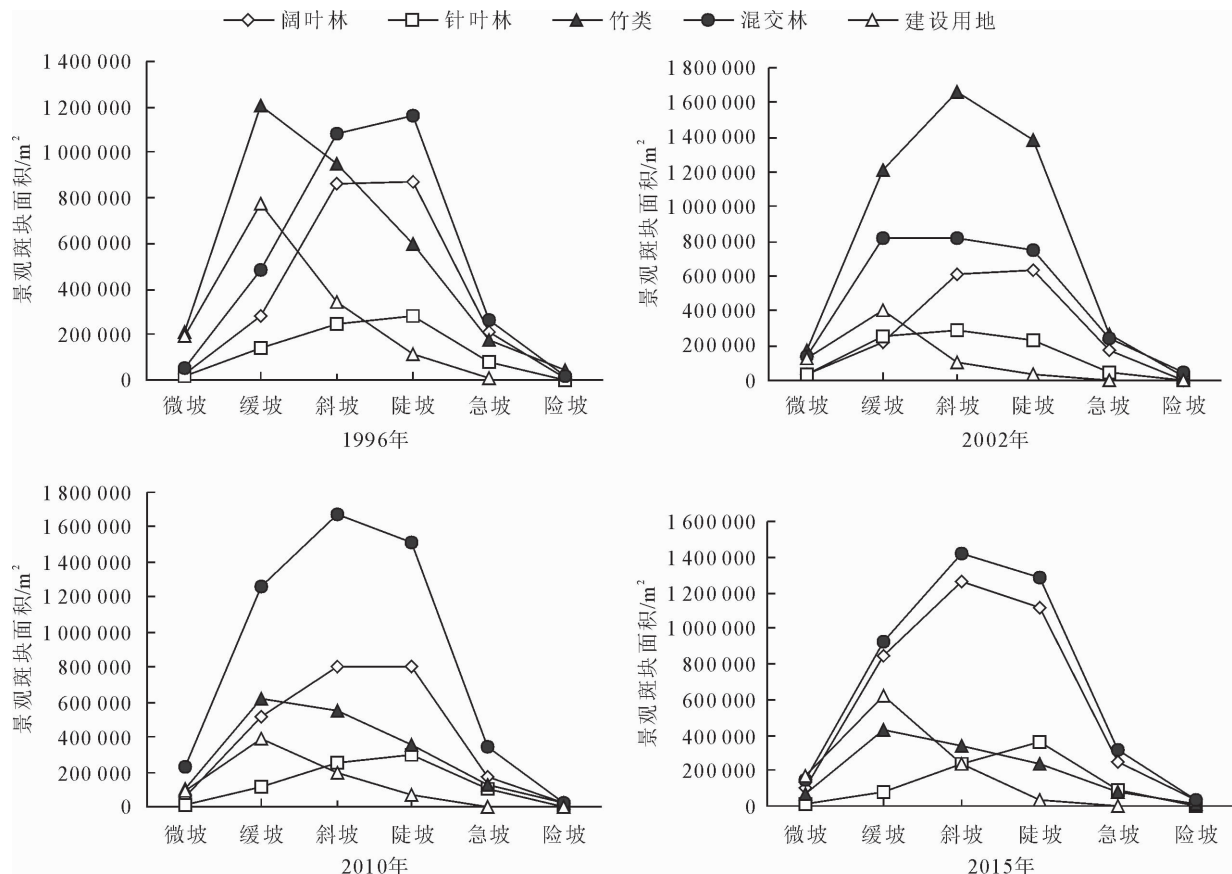


图 6 1996—2015 年福州国家森林公园不同景观类型坡度分布

Fig. 6 Distribution of landscape types at different slopes in Fuzhou National Forest Park during 1996—2015

森林各景观斑块类型在不同坡向分布差异性较大,其中 1996 年分布较杂乱,优势斑块类型阔叶林地主要朝向东北、东、东南和南向,竹类主要朝向北、东北、东、东南、西和西南,混交林地主要朝向东北、

东、东南和南向;竹类在西坡和西北坡分布最多,阔叶林地在西坡分布最多,针叶林地主要分布与西南和西坡;混交林地主要朝向西南、西和西北坡向;而建设用地则主要分布在北坡和西坡(图 7)。

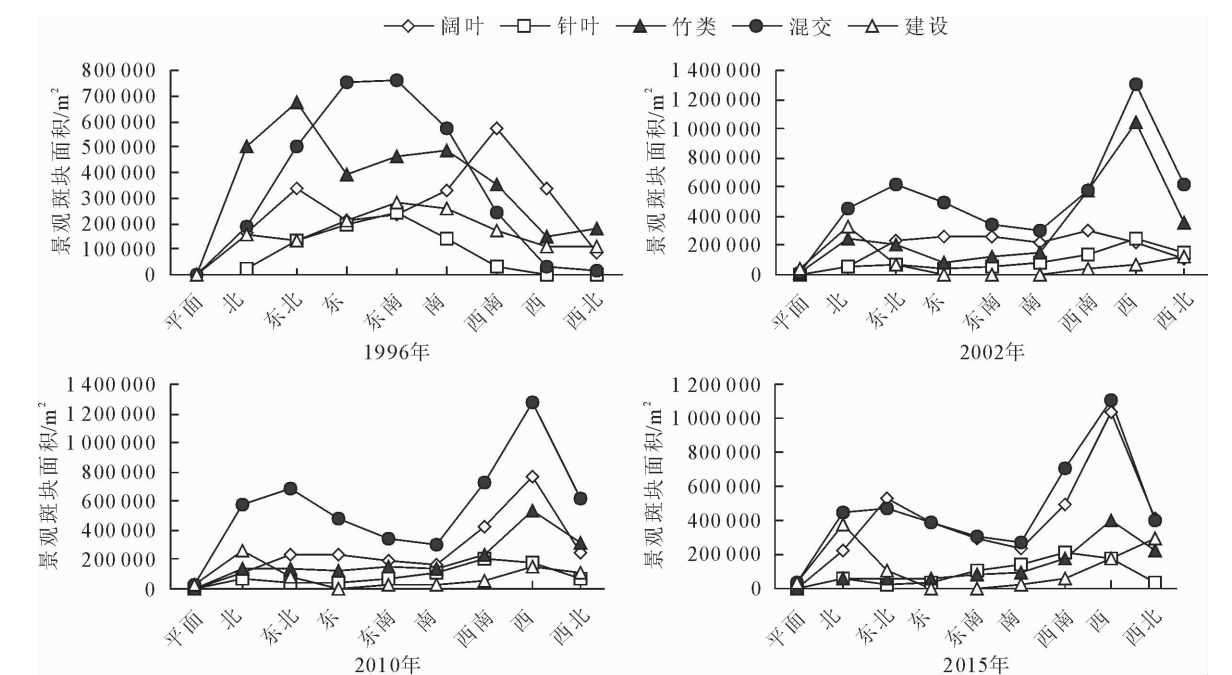


图 7 1996—2015 年福州国家森林公园不同景观类型坡向分布

Fig. 7 Distribution of landscape types at different aspects in Fuzhou National Forest Park during 1996—2015

利用气温、降水及日照长度与年间的相关性进行回归分析,1996—2015 年间森林公园气温小幅度提升,年变化率为 0.016℃,变化不大;年降水量呈上升趋势,每年降水量增加 7.431 mm;日照时长呈现略微减少趋势,年减少量为 0.171 h(图 8)。

为进一步讨论森林景观破碎化的自然驱动因素,利用研究区气温、降水和日照时长与不同年份景观斑块面积之间进行线性回归分析(图 9)可以看出,竹类面积与气温和降水之间具有较强相关性, $Y_{\text{竹类}}=-75.084 X_{\text{气温}}+1\,770.621$ ,相关系数  $R^2$  为 0.448; $Y_{\text{竹类}}=-0.456 X_{\text{降水}}+926.687$ ,相关系数  $R^2$  为 0.991,竹类面积与气温和降水间呈负相关,虽然竹类面积与气温与降水存在一定相关性,但相关系数拟合度较小,说明竹类面积还受其他主导因素影响;混交林面积与日照时长间具有很强相关性, $Y_{\text{混交林}}=-1.097 X_{\text{日照时长}}+2\,163.052$ ,相关系数为  $R^2=0.938$ ,拟合度较高,可以看出混交林地面积变

化受日照时长影响很大;阔叶林面积与降水之间存在较强相关性, $Y_{\text{阔叶林}}=0.313 X_{\text{降水}}-227.542$ ,相关系数  $R^2=0.647$ ,呈正相关关系,降水促进阔叶林地面积的增长。针叶林地与日照时长具有较强负相关关系, $Y_{\text{针叶林}}=-0.36 X_{\text{日照时长}}+141.49$ , $R^2=0.446$ 。

3.2.2 经济社会因素 选取 7 个社会经济指标:第一产业总产值( $X_{\text{第一产业总产值}}$ )、第二产业总产值( $X_{\text{第二产业总产值}}$ )、第三产业总产值( $X_{\text{第三产业总产值}}$ )、人口数量( $X_{\text{人口数量}}$ )、社会消费总额( $X_{\text{社会消费总额}}$ )、人均可支配收入( $X_{\text{人均可支配收入}}$ )和地区总产值( $X_{\text{地区总产值}}$ ),作为分析福州国家森林公园社会经济发展情况与景观格局变化关系的代表性指标。阔叶林地面积( $Y_{\text{阔叶林地}}$ )、针叶林地面积( $Y_{\text{针叶林地}}$ )、竹类面积( $Y_{\text{竹类}}$ )、混交林地面积( $Y_{\text{混交林}}$ )和建设用地面积( $Y_{\text{建设用地}}$ )。对经济指标与斑块类型面积进行多元回归分析,确定驱动因素与景观类型面积变化的关系。

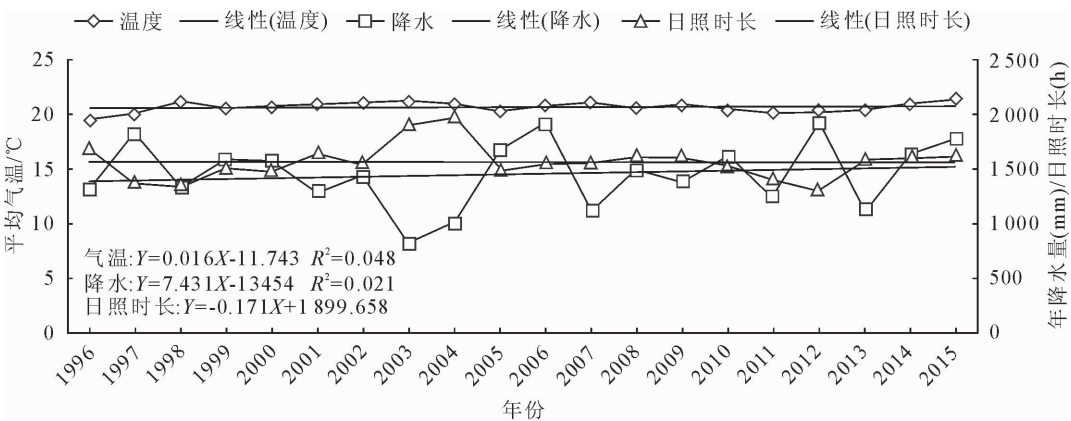


图 8 1996—2015 年福州国家森林公园气候变化特征

Fig. 8 Climate change characteristics of Fuzhou National Forest Park during 1996—2015

$$Y_{\text{阔叶林}} = 8.573X_{\text{第一产业产值}} - 4.615X_{\text{人口数量}} - 0.311X_{\text{地区总产值}} + C_{\text{常量}}$$
$$Y_{\text{针叶林}} = 0.314X_{\text{第一产业产值}} - 1.626X_{\text{人口数量}} + 0.45X_{\text{地区总产值}} + C_{\text{常量}}$$
$$Y_{\text{竹类}} = 9.137X_{\text{第一产业产值}} - 5.068X_{\text{人口数量}} + 0.919X_{\text{地区总产值}} + C_{\text{常量}}$$
$$Y_{\text{混交林}} = -5.271X_{\text{第一产业产值}} - 12.465X_{\text{人口数量}} + 7.413X_{\text{地区总产值}} + C_{\text{常量}}$$
$$Y_{\text{建设用地}} = -3.033X_{\text{第一产业产值}} + 0.293X_{\text{人口数量}} + 0.079X_{\text{地区总产值}} + C_{\text{常量}}$$

从多元回归线性模型中可知,第一产业产值、人口数量、地区总产值对福州国家森林公园景观类型面积变化的影响最大,其他社会经济驱动因素的影响较小;混交林地面积变化多元回归模型系数绝对值最大,受到三个因素的影响最大;其中其中第一产业产值与阔叶林地和竹类面积呈正相关关系,系数绝对值最大,影响较大;人口数量与竹类和混交林呈

负相关关系,系数绝对值最大,随人口数量增加,面积大幅度减少;地区总产值与混交林呈正相关关系,且系数绝对值最大,对混交林地面积变化影响较大。

4 结论与讨论

2010 年,福建省政府下达了《福建省人民政府关于进一步加快林业发展的若干意见》<sup>[13]</sup>,极大促进了福州林业发展,阔叶林面积出现修复性增加;1996—2015 年福州国家森林公园阔叶林地面积呈现增加趋势,增加了 57.1%;针叶林地面积小幅度变化,基本保持稳定;竹类面积呈减少趋势,减少面积达 62.93%;混交林面积呈现先增加后减少趋势,且一直是研究区优势斑块,在 2015 年成为最大优势斑块,占总面积 37.85%;建设用地面积呈先减少后增加趋势。森林公园各景观斑块受外界干扰影响,波动较大。

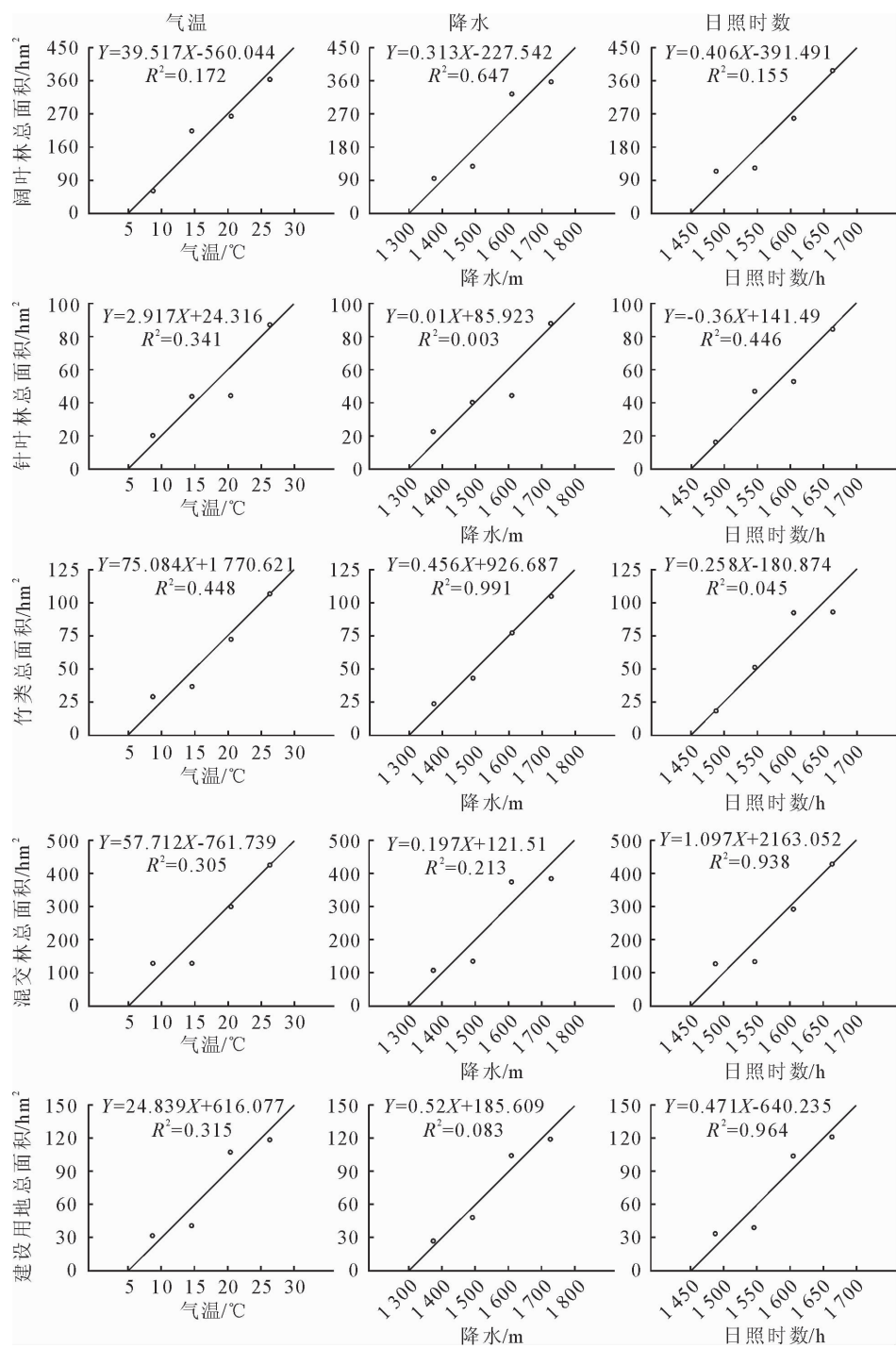


图9 气温、降水、日照时长与景观斑块面积的回归分析

Fig. 9 Regression equation of temperature,precipitation and sunshine duration with related landscape area

竹类斑块密度最大且变化波段较大,阔叶林地斑块密度较小,成片分布;混交林和竹类边缘密度最大,受外界干扰较多,且竹类逐渐变小,混交林持续增大;阔叶林地和混交林地斑块破碎化程度较高;阔叶林地和混交林地斑块连通性较好,针叶林斑块连通性较差,竹类斑块连通性减少最多;从景观整体水平上看,优势斑块出现较大波动后逐渐趋于稳定,景观形状先增加后减少,蔓延度指数表明景观破碎化先增加后减少,Shannon 指数先减少后增加,聚合度

指数 AI 变化波段较大。整体森林景观破碎化程度逐渐减少,生态多样性增加,逐渐区域稳定。

福州国家森林公园景观格局演变是受到自然和社会经济因素共同作用的结果,2015 年由于台风因素,对森林公园内部阔叶林地造成严重破坏,景观格局出现较大波动<sup>[14]</sup>;自然因素中,在海拔、坡度和坡向等地形因子上,植被分布呈现明显空间差异性和物种特性;竹类面积与气温和降水之间具有较强相关性,混交林面积与日照时长间具有很强相关性,阔



叶林面积与降水之间存在较强相关性;经济因素中,第一产业、人口数量和地区总产值对景观斑块影响最大,从而影响森林公园景观格局变化。森林景观格局是由一系列大小、形状各异、排列不同的景观要素组成,受自然和人为因素共同作用的结果<sup>[15]</sup>。自然因素中气候和地形直接影响森林公园植被的分布状态和生长发育;降水、气温和日照时长是影响植被群落演替的关键因子;地形因子是影响森林植被群落结构的主要因子,包括了海拔、坡度和坡向等方面。森林公园特殊的山地条件,不同的地形地貌形成区域生境气候差异,导致森林植被在不同区域产生景观多样性,从而影响景观格局<sup>[16]</sup>。在快速发展的社会化进程中,森林环境受到人为破坏严重,生物多样性锐减,社会生活中的社会经济因子等驱动力深刻地影响着森林公园的植被覆盖方式及生态系统稳定。

本研究森林覆被类型与范蓉<sup>[17]</sup>等对福建省南平森林植被坡向统计相同,符合福建省自然植被生长规律。气温、降水和日照时长作为最直接的自然因素,影响森林植被的生长状况最为显著,但存在一定的累积和滞后效应<sup>[18]</sup>。福州国家森林公园地属亚热带海洋性气候,气候温和,降水量充沛,从自然属性来看,气温的上升和降水量的增加有利于植被的良好发育和演替,促进绿色植被的生长,有利于促进森林景观破碎化的好转<sup>[19]</sup>。

参考文献:

[1] 张焕玉,谢世友,李清. 酉阳县森林景观格局动态分析[J]. 广东农业科学,2013,40(21):145-151.

[2] 毕俊亮. 1992—2012 年长江流域森林景观格局变化及驱动因素分析[D]. 武汉:华中农业大学,2014.

[3] 李晓娜,贺红士,吴志伟,等. 大兴安岭北部森林景观对气候变化的响应[J]. 应用生态学报,2012,23(12):3227-3235.

LI X N, HE H S, WU Z W, *et al.* Responses of boreal forest landscape in northern Great Xing'an Mountains of northeast China to climate change[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(12): 3227-3235. (in Chinese)

[4] 陈颐,林毅伟,朱志鹏,等. 基于 RS 和 GIS 的莆田市土地利用景观格局变化分析[J]. 西北林学院学报,2017,32(1):279-286.

CHEN Y, LIN Y W, ZHU Z P, *et al.* Change of land use and landscape pattern in Putian based on RS and GIS. [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2017, 32(1): 279-286. (in Chinese)

[5] 廖芳均,赵东升. 南岭国家级自然保护区森林景观格局变化与动态模拟[J]. 地理科学,2014,29(9):1099-1107.

[6] 李金臣,刘云峰,李明诗. 基于景观镶嵌模型的景观格局变化及森林破碎化分析—以南京市紫金山风景区为例[J]. 西北林学

院学报,2014,29(2):226-231.

LI J C, LIU Y F, LI M S. Assessing change in landscape patterns and forest fragmentation based on landscape mosaic model—a case study from the Purple Mountains of Nanjing[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(2): 226-231. (in Chinese)

[7] 何鹏,张会儒. 常用景观指数的因子分析和筛选方法研究[J]. 林业科学研究,2009,22(4):470-474.

[8] 朱开群. 土地整理项目区景观粒度效应与景观格局分析[D]. 南京:南京大学,2011.

[9] 申卫军,邬建国,任海,等. 空间幅度变化对景观格局分析的影响[J]. 生态学报,2003,23(11):2219-2231.

SHEN W J, WU J G, REN H, *et al.* Effects of changing spatial extent on landscape pattern analysis[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(11): 2219-2231. (in Chinese)

[10] 熊金国,王世新,周艺,等. 利用景观格局指数的空间分辨率对水域面积提取影响的分析[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2011,36(1):98-103.

XIONG J G, WANG S X, ZHOU Y, *et al.* Influence of landscape pattern index on the area extracted from ETM+ and MODIS[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2011, 36(1): 98-103. (in Chinese)

[11] 郑新奇. 景观格局空间分析技术及其应用[M]. 北京:科学出版社,2010.

[12] 孙红雨,王长耀,牛铮,等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系—基于 NOAA 时间序列数据分析[J]. 遥感学报,1998,36(3):204-210.

SUN H Y, WANG C Y, NIU Z, *et al.* Analysis of the vegetation cover change and the relationship between NDVI and environmental factors by using NOAA time series data[J]. Journal of Remote Sensing, 1998, 36(3): 204-210. (in Chinese)

[13] 林萍,傅凯峰. 超越自我 福建奏响生态文明新乐章—访福建省林业厅厅长陈家东[J]. 福建林业,2013(3):4-7.

[14] 洪奕丰,王小明,周本智,等. 闽东沿海防护林台风灾害的影响因子[J]. 生态学杂志,2012,31(4):781-786.

[15] Husshoff RM. Landscape indices describing a Dutch landscape[J]. Landscape Ecology, 1995, 10(2): 101-111.

[16] 张清雨,白红英,孙华,等. 近 30 年秦岭山地商洛段林地类型时空变化及其驱动力[J]. 环境科学学报,2010,30(2):424-430.

ZHANG Q Y, BAI H Y, SUN H, *et al.* Spatial-temporal change and its driving forces in woodlands in the Shangluo section of the Qinling Mountains over the last 30 years[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010, 30(2): 424-430. (in Chinese)

[17] 范蓉. 基于 GIS 的南平市森林景观格局分析[D]. 北京:中国林业科学研究院,2015.

[18] 姚玉璧,王毅荣,李耀辉,等. 中国黄土高原气候暖干化及其对生态环境的影响[J]. 资源科学,2005,27(5):146-152.

[19] 史京京,夏朝宗,严恩萍,等. 基于多期遥感的云阳县域森林景观破碎化演变与驱动力研究[J]. 林业资源管理,2015(4):59-68.