

郊野游憩资源开发背景下的上海 城市森林景观格局动态

张凯旋¹ 范雯² 陈圣子³¹

(1. 上海商学院 旅游管理系, 上海 201400;

2. 美国南加州大学 公共政策学院, 美国 洛杉矶 90089;

3. 华东师范大学 生态与环境科学学院, 上海 200241)

【摘要】: 以上海郊野森林为研究对象, 共选择森林样地 64 个, 通过解译判读 2000 年、2006 年和 2012 年的航空遥感影像, 分析了上海郊野森林 12 年来的景观空间格局及其动态变化特征。结果表明: 林地始终是上海郊野森林的主体景观类型, 且林地面积一直呈增加趋势, 其他各景观类型面积随着时间的推移呈不同程度的增减; 非林地景观类型的主要转出类型均为林地, 且主要发生在新建的外环林地、外环公园和森林公园区域; 森林景观的破碎化程度减弱, 景观异质性下降, 景观优势度和连接性增加, 景观多样性降低。

【关键词】: 森林景观 景观格局 动态分析 郊野森林

【中图分类号】: S731. 2; P967 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1005—8141 (2019) 01—0032—06

1 引言

城市森林是城市生态系统的重要组成部分, 是生态城市建设的重要保障, 同时城市森林可为城市居民提供亲近自然的游憩活动和游憩服务^[1,2], 是城市重要的游憩资源。景观格局及其变化是自然和人为的多种因素相互作用所产生的在一定区域内生态环境体系的综合反映, 其特征具有显著的时间性和空间性^[3,4]。森林景观格局是指森林景观组成的空间分布和组合特征, 分析不同时空尺度下的森林景观格局是研究森林景观功能和动态的基础, 为实现森林资源的可持续利用提供理论依据^[5,6]。

森林游憩是游憩活动生态化的重要组织形式和森林系统的可持续利用方式, 是国民旅游休闲的重要组成部分^[7,8]。由于城市化进程的快速推进, 导致城市人均土地资源紧缺, 城市开放空间和公园绿地已远不能满足社会公众日益增长的户外游憩需求。以往研究表明, 近年来在北京、南京、杭州等大中城市中郊野森林等近自然区域已成为居民休闲游憩的重要载体^[9,10,11]。上海是我国特大型城市的代表, 进入 21 世纪以后, 上海城市公园绿地规模稳步增加, 但公园游园人数的增速远快于公园面积的增速。2004 年上海公园的游园人数超过 1 亿人次, 2008 年游园人数超过 2 亿人次, 并且游园人数仍保持逐年增长的态势。以每个城市公园的年游园人数为统计单位, 上海市 2000 年为 67.08 万人次, 2006 年为 115.63 万人次, 2012 年达到 141.60 万人次, 公园绿地承载的年游

作者简介: 张凯旋(1980-), 男, 内蒙古自治区赤峰人, 博士, 副教授, 研究方向为城市景观游憩。

基金项目: 国家自然科学基金项目“城市森林游憩适宜性的时空演变及其驱动机制”(编号:31400606)。

园人数超过 10 万人次/hm²^[12], 公园游园人数已接近或超过了公园游憩的承载能力。因此, 在城市公园内开展更多的游憩活动已面临瓶颈, 急需开辟更多的游憩资源和游憩空间来满足市民的游憩需求。近年来, 上海城市郊野森林建设得到迅猛发展, 森林覆盖率逐年提高, 森林群落的生态功能和景观效益逐步提升^[13, 14, 15, 16], 已初步具备了开展游憩活动的条件。通过探析并优化上海郊野森林景观格局, 提升森林游憩服务能力, 可拓展城市游憩活动空间, 缓解城市公共空间承受的游憩负荷。

以往有关城市森林景观格局及其动态的研究主要是基于不同的研究目的, 从区域宏观尺度^[17, 18]、景观中观尺度^[19]、斑块微观水平^[20]或社区水平^[21]等开展研究, 但基于游憩需求和游憩资源开发导向的森林景观格局研究不多见。面对市民日益增长的户外游憩需求, 本研究以上海郊野森林为研究对象, 分析其景观空间格局及其动态变化特征, 以更好地理解森林游憩的功能与景观过程相互作用的机理, 为郊野森林的游憩开发提供科学依据和理论支撑。

2 研究区域概况

上海位于长江三角洲以太湖为中心的碟形洼地的东缘, 全市土地面积 6340. 5km², 气候类型属于北亚热带季风气候, 年平均气温 15. 8℃, 年降水量 1100mm, 地带性植被以常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林为主^[22]。上海市森林资源的 99%以上为人工林, 主要由森林公园、外环林带和郊区生态片林等组成。

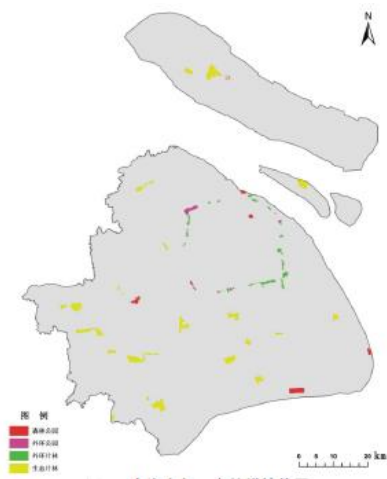


图 1 上海市郊野森林样地位置

截至 2016 年底, 上海市森林面积为 98687hm², 森林覆盖率为 15. 56%^[23]。为了塑造特色郊野活动空间, 上海市将在郊区林地的基础之上规划建设 21 个郊野公园, 总面积约 400km², 以满足市民开展户外运动、休闲游憩、科普教育的需要^[24, 25]。本研究选择上海市典型的郊野森林样地 64 个, 总面积 11227. 88hm², 占上海市林地总面积的 11. 38%。包括已建成的森林公园 6 个和外环公园 8 个, 外环林地 26 个, 郊野林地 24 个(图 1、表 1)。

表 1 上海市郊野森林样地类型

样地类型	数量 (个)	面积 (hm ²)	具体样地或所在区位
森林公园	6	1453. 26	海湾国家森林公园、佘山国家森林公园、东平国家森林公园、 共青国家森林公园、滨江森林公园、滨海森林公园
外环公园	8	624. 67	高东公园、高东生态园、顾村公园、华泾公园、华夏公园、黎安公园、 闵行体育公园、上海浦东全球高尔夫体育公园

外环林地	26	1483.80	浦东新区 18 个、宝山区 3 个、普陀区 2 个、嘉定区 2 个、徐汇区 1 个
郊野林地	24	7666.15	青浦区 5 个、松江区 4 个、奉贤区 3 个、金山区 3 个、崇明区 3 个、嘉定区 2 个、闵行区 2 个、浦东新区 2 个
合计	64	11227.88	-

3 数据来源与研究方法

3.1 数据来源与处理

本研究的数据来源于上海市 2000 年(分辨率为 2.00m)、2006 年(分辨率为 1.19m)、2012 年(分辨率为 0.25m)的航空影像数据。根据上海郊野森林景观类型差异,分为林地、农田、水体、道路、景观设施、管理设施、居住用地和空旷地 8 种景观类型(图 2)。利用 ENVI4.8 软件对影像进行几何校正和自动配准,采用监督分类并结合人机交互的方法完成遥感影像的分类,并进行分类后处理。借助于地面实测数据,随机选取若干样点,利用混淆矩阵法进行评价分析^[26],结果表明 3 期遥感影像分类结果的总体精度分别为 85.43%、86.56%和 89.92%,解译精度均超过了 85%。

3.2 研究方法

本文的研究方法主要采用:(1)景观格局动态。景观类型动态变化是研究一定时间范围内某种景观类型的数量变化情况,一般用年变化率表示,即为研究时段内某一景观类型研究末期和研究初期面积之差与研究初期面积的比值。本文利用 ArcGIS10.0 对 2000 年和 2012 年景观类型进行空间分析,得到研究时段内景观类型的转移矩阵^[19]。(2)景观格局指数。景观格局指数是景观生态学广泛使用的定量研究方法,高度浓缩景观格局和景观动态信息,能很好地了解景观格局的组成成分、空间配置和动态变化过程^[27,28]。本研究选取生态学意义明确且公式计算简单的指数对上海市郊野森林景观进行定量分析,共选择 8 个景观格局指数,分别是:斑块密度(PD)、边缘密度(ED)、平均斑块面积(AREA_MN)、优势度指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、蔓延度(CONTAG)、聚合度(AI)和香农多样性指数(SHDI);景观格局指数采用 FRAGSTATS 景观格局分析软件进行计算。

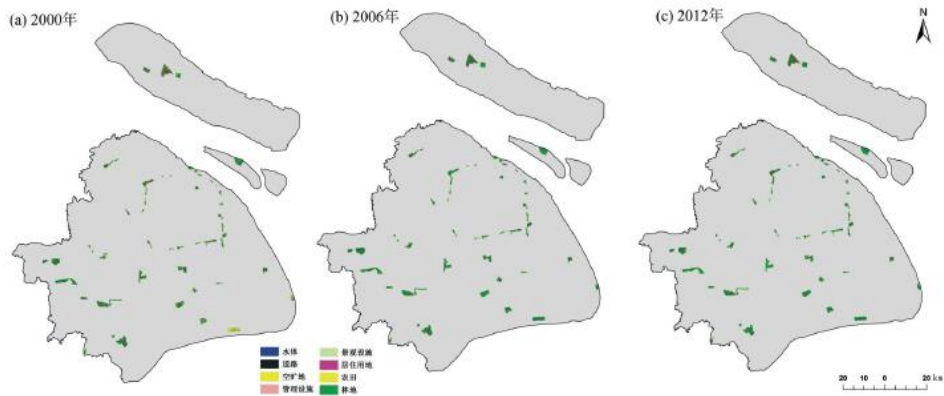


图 2 上海市郊野森林 2000 年、2006 年、2012 年景观类型

4 结果与分析

4.1 景观格局构成

从表 2 可知,在上海市郊野森林中林地景观一直占据着景观基质的主导地位,在 2000 年、2006 年和 2012 年 3 个年份中,林地景观面积均超过总面积的 60%,分别为 64.32%、75.01%、78.59%。在所有景观类型中,水体景观在 3 个年份均占据第二位,分别占总面积的 9.29%、10.84%、8.79%。空旷地在 2000 年占总面积的比例接近 10%,在 2006 年和 2012 年的占比均低于 2%,分别为 1.41%和 0.46%;居住用地在 3 个年份中占比均在 5%—10%之间;在其他景观类型中,农田、道路、管理设施和景观设施在 3 个年份中所占总面积的比例均低于 5%。

表 2 上海市郊野森林景观格局构成及其面积变化

景观类型	2000 年		2006 年		2012 年		2000—2006 年		2006—2012 年		2000—2012 年	
	面积 (hm ²)	百分比 (%)	面积 (hm ²)	百分比 (%)	面积 (hm ²)	百分比 (%)	变化面 积(hm ²)	年变化率 (%)	变化面积 (hm ²)	年变化率 (%)	变化面 积(hm ²)	年变化率 (%)
水体	1043.20	9.29	1216.72	10.84	986.65	8.79	173.52	2.77	-230.07	-3.15	-56.55	-0.45
道路	417.35	3.72	429.16	3.82	414.32	3.69	11.81	0.47	-14.84	-0.58	-3.04	-0.06
空旷地	1034.77	9.22	157.78	1.41	51.75	0.46	-876.99	-14.13	-106.03	-11.20	-983.02	-7.92
管理设施	225.03	2	404.24	3.60	259.57	2.31	179.21	13.27	-144.67	-5.96	34.54	1.28
景观设施	4.92	1.59	5.21	2.86	53.38	0.48	0.29	0.98	48.16	154.09	48.68	82.08
居住用地	968.94	8.63	644.89	5.74	691.37	6.16	-324.04	-5.57	46.47	1.20	-277.57	-2.39
农田	330.75	2.95	27.52	0.25	20.86	0.19	-303.23	-15.28	-6.66	-4.03	-309.89	-7.81
林地	7222.29	64.32	8422.23	75.01	8824.27	78.59	1199.94	2.77	402.04	0.81	601.99	1.85

4.2 景观格局的动态变化

2000—2012 年上海市郊野森林中林地面积一直呈增加趋势(表 2)。2000—2006 年,上海市林地面积共增加了 1199.94hm²,年增长率为 2.77%;2006—2012 年增加了 402.04hm²,年增长率为 0.80%。总体上,前一时段的增长速度快于后一时段,在整个研究时段内林地面积的年平均增长率为 1.85%,共增加了 1601.99hm²。农田和空旷地的变化趋势与林地景观相反,在整个研究时段内的总变化趋势为减少,2000—2006 年农田和空旷地分别减少了 303.23hm²和 876.99hm²,2006—2012 年分别减少了 6.66hm²和 106.03hm²,整个研究时段内农田共减少了 309.89hm²,空旷地共减少了 983.02hm²,两者的年减少速率均较快且相差不大,分别为 7.81%和 7.92%。21 世纪初期,上海为建设园林城市和森林城市,通过农田流转方式进行大规模植树造林^[23],对一些农田和空旷地进行了调整和利用,森林面积和森林覆盖率逐年增长。

上海市水体景观和道路景观在 12 年间呈先增长后减少的倒“U”型变化趋势,2000—2006 年郊野森林中水体和道路分别增加了 173.52hm²和 11.81hm²,而 2006—2012 年则分别减少了 230.07hm²和 14.84hm²。在整个研究时段内,水体面积减少了 56.55hm²,道路面积减少 3.03hm²。上海市景观设施一直呈增加趋势,在所有景观类型中增速最快,2000—2006 年增加了 0.29hm²,2006—2012 年增加了 48.16hm²,后一时段的年增长率高达 154.09%,2000—2012 年共增加了 48.68hm²。在管理设施的占地面积方面,2000—2006 年增加了 179.21hm²,2006—2012 年则减少了 144.67hm²,2000—2012 年的变化趋势为增加,共增加 34.54hm²。在森林公园、外环公园和外环林地的建设过程中,为了加强林地的亲水性和连通性,前期的水体和道路面积增加较多;在建设后期,为了更好地体现林地的自然野趣性,对道路和水体进行了适当调整。在郊野森林中,景观设施和管理服务设施占地面积的总趋势是增加,主要是为了满足游人休闲游憩和健身锻炼的需求,森林公园和郊野林地中普遍增设了景观性设施和必要的管理服务设施。在居住用地方面,2000—2006 年减少了 324.0hm²,2006—2012 年则增加了 46.47hm²,2000—2012 年总的变化趋势为减少,共减少了 277.57hm²。由于上海外环道路两侧 100—500m 林带建设和森林公园建设的需要,对建设范围内的住宅进行了拆迁异地集中居住,因此郊野森林内居住用地在 1990 年代末期和 21 世纪初大规模减少。

4.3 景观格局转换轨迹

从表 3 可知, 2000—2012 年上海市郊野森林的景观转换总体为: 非林地景观类型的主要转出类型都是林地。其中, 空旷地和水体转换为林地的面积均超过了 500hm², 分别为 838.89hm² 和 518.49hm²; 居住用地、农田和道路转换为林地的面积均超过了 200hm², 分别为 385.67hm²、262.67hm² 和 261.07hm²; 空旷地和农田的 80% 左右均转换为林地, 分别为 81.07% 和 79.42%; 这两类景观类型还有超过 10% 的面积转换为水体, 分别为空旷地的 115.85hm² (11.20%) 和农田 46.32hm² (14.00%) 转为水体。在林地转出类型中, 有 326.32hm² (4.52%) 转换为水体, 有 204.84hm² (2.84%) 转换为道路。

在空间格局上, 空旷地转换为林地主要发生在上海市外环道路两侧的外环林地、外环公园、新建森林公园等。从 1996 年开始的上海市外环林带建设和后续的闵行体育公园、顾村公园、华夏公园、黎安公园等外环公园建设, 以及滨海、滨江等森林公园建设过程中均充分利用了原有的空旷地。农田转换为林地主要发生在上海市奉贤区的海湾森林公园, 还有部分为青浦区的生态片林。上海市海湾森林公园 1999 年开始开发建设, 主要是农田流转为林地, 有部分转换为水体, 用于开展水上活动。水体转换为林地和林地转换为水体发生的范围相对较分散。在森林公园、外环林带和外环公园建设过程中, 为了更好地利用空间和景观塑造的需要, 进行了适当的挖湖堆山和水系梳理, 因此出现了水体和林地之间的相互转换。

表 3 2000—2012 年景观类型转移矩阵

2012 年 (面积 / hm ²)	2000 年面积 (hm ²)							
	水体	道路	空旷地	管理 设施	景观 设施	居住 用地	农田	林地
水体	447.91	14.18	115.85	6.31	0.19	23.88	46.32	326.32
道路	24.06	101.18	34.24	6.06	0.43	23.03	11.33	204.84
空旷地	3.13	1.62	5.58	4.50	0.12	7.50	0.23	31.53
管理设施	20.51	7.37	26.84	41.77	0.93	61.52	5.31	95.44
景观设施	1.72	2.07	9.25	3.12	0.51	17.98	5.03	22.05
居住用地	13.07	23.57	3.83	19.60	0.00	450.87	0.00	89.37
农田	13.83	1.20	2.60	0.32	0.00	0.00	0.00	30.41
林地	518.49	261.07	838.89	148.08	2.47	385.67	262.67	6406.54

4.4 景观格局水平特征

在景观格局指数中, 斑块密度、边缘密度值越低, 且平均斑块面积越高, 表明景观破碎化在减弱, 即异质性程度较低。

表 4 上海市郊野森林 2000—2012 年景观格局指数

年份	PD (个/100hm ²)	ED (m / hm ²)	AREAMN (hm ²)	LPI (%)	LSI	CONTAG (%)	AI	SHDI
2000	137.20	372.03	0.88	19.08	11.61	63.89	96.33	1.07
2006	118.04	434.18	1.05	17.96	12.67	65.98	94.15	0.95
2012	111.14	368.60	1.24	32.14	10.96	73.20	96.31	0.76

从表 4 可知, 2000—2012 年上海市郊野森林景观水平的斑块密度 (PD) 从 137.20 个/100hm² 持续减少到 111.14 个/100hm², 边缘密度 (ED) 分别从 372.03m/hm² 先上升后下降到 368.60m/hm², 平均斑块面积 (AREA-MN) 则从 0.88/hm² 持续增加到 1.24hm²。研究时段内上述三个指数的变化说明, 上海市郊野森林景观的破碎程度在减弱, 异质性降低; 最大斑块指数 (LPI) 从 19.08% 先降后上升至 32.14%, 景观最大面积斑块所占比例增大, 表明优势景观的优势度增加。聚合度 (AI) 是对斑块聚合或离散程度的度量, 在研究时段内总体变化不大。蔓延度 (CONTAG) 从 63.89% 持续增加到 73.20%, 说明景观中优势斑块类型形成了良好的连接性, 破碎化程度减弱。景观形状指数 (LSI) 从 11.61 下降到 10.96, 香农多样性指数 (SHDI) 从 1.07 持续下降到 0.76, 表明景观形状复杂程度降低, 边缘效应减弱, 景观空间格局破碎化程度降低。综合各景观指数的变化趋势, 2000—2012 年上海市郊野森林景观的演化轨迹为景观破碎化逐渐减弱, 景观异质性程度降低。

5 讨论

5.1 森林景观格局动态变化的驱动因素

政策因素和人为驱动因素的影响: 上海市郊野森林景观格局变化主要是由于快速造林绿化过程中森林规划建设政策引导和项目驱动引起的, 即政策因素和人为驱动作用占主导因素。上海市自 20 世纪 90 年代末期开始大规模的城市森林建设, 按照均衡分布、功能多样的森林布局要求, 在城市郊区和城市边缘区规划建设了总面积约 4000hm² 的大型片林和总面积 6200hm² 的外环林带等。尤其是 21 世纪前 10 年在外环道路两侧、郊区林地开展了大面积的森林建设。由于采用农田流转、空旷地利用和住宅拆迁集中居住等方式进行林地建设, 引起森林景观斑块之间的相互转换, 非林地景观类型主要向林地转移, 农田、空旷地、居住用地的面积大幅度减少^[23], 林地面积快速增加。由于受到人为干扰的强烈影响, 在森林建设初期的 2000 年前后, 森林景观的斑块密度、边缘效应较高, 且连接性较差, 导致森林景观整体的破碎化程度较高。对长沙^[18]、南京^[29]、厦门^[30]、平顶山^[31] 等城市的森林景观格局研究也表明, 城市森林景观格局异质性和破碎化较高的原因主要是政策因素和人为因素的影响。

自然因素的影响: 上海市郊野森林中的大型生态片林和外环林带在建设初期主要采用小苗种植和苗圃式的建设方式, 树木经过十几年的生长, 林地绿化覆盖率大幅度增加, 生态结构逐步优化并趋向合理化^[15]。随着森林群落的自身生长, 斑块面积逐渐增加、密度逐渐降低, 林地的景观优势度也在逐渐增加。同时, 随着森林内部道路系统的贯通完善、水系疏通连接和场地集中配置, 森林景观的连通性逐渐增加, 整体森林景观的破碎化和异质性逐渐减弱, 均质性增加。这一研究结果与北京西北山地森林景观格局变化^[6] 和沈阳城市森林在 2001 年之后的景观格局变化^[32] 较为一致。由于本研究的时间尺度较小, 且上海郊野森林主要为人工林, 郊野森林景观格局变化受群落自然生长变化等自然因素影响的程度相对较低, 自然因素导致的变化相对缓慢。

5.2 森林景观格局优化与游憩开发对策

我们认为, 在上海郊野森林的后续建设开发和管理经营中, 一是采用自然力结合人工调控的方式优化森林景观格局, 最大程度地遵循森林自然演替规律, 顺应森林现有的生长态势, 进行合理的结构调整和优化。虽然上海郊野森林景观格局破碎化程度逐步得到缓解, 但并不意味着所有森林景观类型都朝着结构合理的方向发展, 仍需调整不同景观类型的区间比例, 避免景观类型的无序转换, 保持森林的稳定性。二是适度维持郊野森林景观的多样性, 虽然森林景观变化没有带来强烈的景观要素流失, 但景观多样性降低, 仍需要采取丰富植被多样性、增设景观设施等措施维持景观的多样性, 在提升多样性的同时避免景观破碎化影响郊野森林的自然野趣, 防止造成过度景观化和人工化。三是有序引导郊野森林进行分梯度游憩开发, 根据郊野森林类型和景观格局特征, 结合城市郊野公园规划, 优先开发景观结构合理、内部联通性好、设施完善度高的郊野森林, 逐步优化和提升森林整体的景观格局和生态品质, 以更好地发挥郊野森林的游憩的服务功能。

6 结论

2000—2012 年上海郊野森林景观格局的主要变化特征表现为: 林地始终是上海市郊野森林的主体景观类型, 且林地面积一直

呈增加趋势,其他各景观类型的面积随时间的推移呈不同程度的增减;非林地景观类型的主要转出类型为林地,且主要发生在新建的外环林地、外环公园和森林公园区域;森林景观的破碎化程度减弱,景观异质性下降,景观优势度和连接性增加,景观多样性降低。引起上海市郊野森林景观格局变化的主要原因是城市森林规划建设等政策因素和人为驱动因素,同时森林自身生长变化等自然因素在一定程度上影响了景观格局变化,但影响程度相对较低且较缓慢。在后续的郊野森林建设中,应采用自然力结合人工调控的方式优化森林景观格局,合理进行森林游憩开发。

参考文献:

- [1]Baerenklau KA, Gonzalez-Caban A, Paez C, et al. Spatial Allocation of Forest Recreation Value[J]. Journal of Forest Economics, 2010, 16(2) : 113-126.
- [2]Brancalion PHS, Cardozo IV, Camatta A, et al. Cultural Ecosystem Services and Popular Perceptions of the Benefits of an Ecological Restoration Project in the Brazilian Atlantic Forest[J]. Restoration Ecology, 2014, 22(1) : 65-71.
- [3]陈利顶, 刘洋, 吕一河, 等. 景观生态学中的格局分析:现状、困境与未来[J]. 生态学报, 2008, 28(11) : 5521-5531.
- [4]He XY, Zhao YH, Hu YM, et al. Landscape Changes from 1974 to 1995 in the Upper Minjiang River Basin, China[J]. Pedosphere, 2006, 16(3) : 398-405.
- [5]尹锴, 赵千钧, 崔胜辉, 等. 城市森林景观格局与过程研究进展[J]. 生态学报, 2009, 29(1) : 389-398.
- [6]张彬彬, 韩海荣, 梁大双, 等. 基于遥感的京西北山地森林景观格局特征及动态[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(7) : 50-53.
- [7]秦学, 吴楚材, 吴章文. 森林旅游研究的学术生态位与学术价值链[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2007, 1(4) : 23-26.
- [8]Nahuelhual L, Carmona A, Lozada P, et al. Mapping Recreation and Ecotourism as a Cultural Ecosystem Service:An Application at the Local Level in Southern Chile[J]. Applied Geography, 2013, 40(1) : 71-82.
- [9]李效文, 田甜, 王敏增, 等. 游憩者对北京风景游憩林营建需求的研究[J]. 北京林业大学学报(社会科学版), 2009, 8(3) : 45-49.
- [10]赵静, 宣国富, 朱莹. 转型期城市居民公园游憩动机及其行为特征——以南京玄武湖公园为例[J]. 地域研究与开发, 2016, 35(2) : 113-118.
- [11]Zhang H, Chen B, Sun Z, et al. Landscape Perception and Recreation Needs in Urban Green Space in Fuyang, Hangzhou, China[J]. Urban Forestry&Urban Greening, 2013, 12(1) : 44-52.
- [12]上海市绿化和市容管理局. 上海绿化市容行业年鉴 (2017) [M]. 上海:上海文艺出版社, 2017 : 49, 92.
- [13]Wang Z, Cui X, Yin S, et al. Characteristics of Carbon Storage in Shanghai's Urban Forest[J]. Chinese Science

Bulletin, 2013, 58(10) : 1130-1138.

[14]王紫君,申广荣,朱,等.基于遥感和空间分析的上海城市森林生物量分布特征[J].植物生态学报,2016,40(4):385-394.

[15]张凯旋,车生泉,马少初,等.城市化进程中上海植被的多样性、空间格局和动态响应(VI):上海外环林带群落多样性与结构特征[J].华东师范大学学报(自然科学版),2011,(4):1-14.

[16]张凯旋,凌焕然,达良俊.上海环城林带景观美学评价及优化策略[J].生态学报,2012,32(17):5521-5531.

[17]张先平,程新生,王小岗,等.山西森林景观空间格局分析[J].山西大学学报(自然科学版),2015,38(4):731-738.

[18]邢元军,徐金铎.长沙市边缘区城市森林景观格局梯度分析[J].中南林业调查规划,2012,31(4):22-28.

[19]Xie X, Xie HL, Fan YH. Spatiotemporal Patterns and Drivers of Forest Change from 1985-2000 in the Beijing-Tianjin-Hebei Region of China[J]. Journal of Resources and Ecology,2016,7(4):301-308.

[20]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,2014,34(9):1099-1107.

[21]唐利,邵景安,郭跃,等.社区水平森林景观格局动态特征与驱动因素[J].生态学报,2017,37(6):2101-2117.

[22]彭镇华.上海现代城市森林发展[M].北京:中国林业出版社,2003:31-32.

[23]韩玉洁,李琦,王兵,等.上海市森林生态连清与生态系统服务研究[M].北京:中国林业出版社,2018:42.

[24]郊野公园规划项目组.落实生态文明建设,探索郊野公园规划——以上海试点郊野公园规划为例[J].上海城市规划,2013,(5):51-61.

[25]庄少勤.迈向卓越的全球城市——上海新一轮城市总体规划的创新探索[J].上海城市规划,2016,(4):1-8.

[26]陈影,哈凯,贺文龙,等.冀西北间山盆地景观格局变化及优化研究——以河北省怀来县为例[J].自然资源学报,2016,31(4):556-569.

[27]郑国强,赵清,朱鹏,等.济南市城市森林信息提取及景观格局分析[J].资源科学,2008,30(5):786-791.

[28]董玉红,刘世梁,安南南,等.基于景观指数和空间自相关的吉林大安市景观格局动态研究[J].自然资源学报,2015,30(11):1860-1871.

[29]赵清,郑国强,黄巧华.南京城市森林景观格局特征与空间结构优化[J].地理学报,2007,62(8):870-878.

[30]尹锴,赵千钧,文美平,等.海岛型城市森林景观格局效应及其生态系统服务评估[J].国土资源遥感,2014,26(2):128-133.

[31]杨柳,徐雨. 基于 GIS 和 RS 的平顶山市森林景观格局变化及空间异质性分析[J]. 河南科学, 2016, 34(2) : 223-226.

[32]刘常富,孙冉,李小马,等. 基于 RS 与 GIS 的沈阳城市森林景观格局动态变化[J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(4) : 13-15.