



杨沅志, 薛冬冬, 张浩, 等. 快速城市化地区城市森林景观破碎化的动态演变分析[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(4): 97-104.

快速城市化地区城市森林景观破碎化的动态演变分析

杨沅志¹, 薛冬冬², 张浩³, 徐正春⁴, 唐光大⁴

(1 广东省林业调查规划院, 广东 广州 510520; 2 广东省岭南综合勘察设计院, 广东 广州, 510520;

3 香港高等科技教育学院 设计学院, 香港 00852; 4 华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642)

摘要:【目的】综合分析城市森林景观破碎化的动态演变趋势,为快速城市化地区的城市总体规划、绿地系统规划、森林城市建设、城市可持续发展提供科学依据。【方法】基于广东省惠州市 1990、2000、2010 年 Landsat TM/ETM + 卫星影像,采用景观格局数量分析和转移矩阵从中心区、近郊区和远郊区 3 个梯度分析城市森林景观破碎化动态特征及演变。【结果】惠州市城市中心区斑块密度由 1990 年的 0.08 个·hm⁻²增加到 2010 年的 0.25 个·hm⁻²,平均斑块面积由 11.81 hm² 下降到 3.92 hm²;近郊区的斑块密度和平均斑块面积也呈相似的变化趋势,但 2000—2010 年间的变化相对较小,说明破碎化斑块逐步缩小;在远郊区,景观破碎化趋势较为缓慢,斑块密度由 0.18 个·hm⁻²增加到 0.30 个·hm⁻²,再降至 0.11 个·hm⁻²,平均斑块面积由 9.12 hm² 减小至 3.51 hm²。在 1990—2000 年期间,城市无序和快速的扩张,城市绿地的斑块数量增多,面积减小;但在 2000—2010 年期间,通过城市公园、人工荒山绿化、生态修复等人工绿地的有序建设,城市绿地斑块面积逐渐增大,斑块整合逐渐加强,景观破碎化程度逐步降低,表现出典型的逆破碎化趋势。【结论】人为有序和有规划的生态修复和重建可以有效地改善城市森林景观状态,提高城市森林覆盖率。

关键词: 快速城市化;城市森林;景观破碎化;逆破碎化;惠州

中图分类号:S731.2

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2016)04-0097-08

Analysis on dynamic development of landscape fragmentation for urban forest in fast-urbanization regions

YANG Yuanzhi¹, XUE Dongdong², ZHANG Hao³, XU Zhengchun⁴, TANG Guangda⁴

(1 Guangdong Forestry Survey and Planning Institute, Guangzhou 510520, China; 2 Guangdong Lingnan Comprehensive Survey and Design Institute, Guangzhou 510520, China; 3 Faculty of Design, Technological and Higher Education Institute of Hong Kong, Hong Kong 00852, China; 4 College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:【Objective】The purpose of this study was to analyze dynamic development of landscape fragmentation for urban forest in fast-urbanization regions, and provide scientific basis for master urban plan, urban green space system plan, urban forest construction and sustainable development in fast-urbanization regions. 【Method】Based on the Landsat TM/ETM + satellite images taken in 1990, 2000 and 2010, the dynamic trends of landscape fragmentation for urban forest in Huizhou, Guangdong were analyzed by landscape pattern indices analysis and transition matrixes along three gradients including the central area,

收稿日期:2015-11-23 优先出版时间:2016-06-01

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20160601.1630.040.html>

作者简介:杨沅志(1981—),男,高级工程师,硕士,E-mail: 89985200@qq.com;通信作者:唐光大(1982—),男,副教授,博士,E-mail: gdtang@scau.edu.cn.

基金项目:广东省林业科技计划项目(2012-03)

suburban area, and outer suburban area. 【Result】The patch density of the central area increased from 0.08 to 0.25 per hm^2 during 1990—2010. Meanwhile, the mean patch area decreased from 11.81 to 3.92 hm^2 . Similar changes in patch density and patch area happened to the suburban area, but the change scale reduced from 2000 to 2010 suggesting that the fragmented patches gradually narrowed in the central and suburban area. The landscape fragmentation process was relatively slow in the outer suburban area. The patch density of the outer suburban area first increased from 0.18 to 0.30 per hm^2 , and then decreased to 0.11 per hm^2 , and the mean patch area decreased from 9.12 to 3.51 hm^2 . In 1990—2000, rapid and out-of-order urbanization led to the increased number and decreased area of urban green patches. However, during 2000—2010 the area of urban green patches gradually increased, the patch integration enhanced, and the landscape fragmentation decreased through construction of urban parks, afforestation in barren hills, and ecological restoration. A typical defragmentation trend was observed. 【Conclusion】Ecological restoration and reconstruction in an organized process can effectively improve the landscape condition of urban forest and increase urban forest coverage.

Key words: fast-urbanization; urban forest; landscape fragmentation; defragmentation; Huizhou City

近年来,快速城市化已成为全球共同关注的热门话题之一。全球经济复苏和生产力水平提高,使得全球城市化进程在 21 世纪加快了步伐^[1]。近期统计数据显示,目前,全球五大洲 70% 的森林主要分布于 1 km 范围内的林地边缘^[2],森林和绿地景观破碎化已非常严重。在中国,随着经济的迅速发展,农村城市化进程的快速推进,城市建设用地需求急剧增长,城市的大规模扩张已造成绿地景观结构的剧烈变化^[3],人为干扰让城市绿地景观的不稳定性和脆弱性不断增强^[4]。原来的绿地、农田等自然半自然景观被改造为工矿、住宅和道路等人工景观,由此而引发城市热岛效应、环境污染、土地退化等一系列的生态环境问题,从而导致区域生态安全隐患日益彰显^[5]。已有研究表明,城市快速扩张中所出现的各种生态问题,实质上与人为干扰造成的城市景观破碎化密切相关^[6-7]。

城市绿地景观格局是各种力量作用于绿地生态系统的信息积累,景观破碎化的演变可有效揭示景观生态系统安全状况的变化趋势^[8]。近年来,国内外学者对城市景观破碎化开展了一系列的研究,如在景观格局变化与模拟^[9-10]、大尺度范围景观破碎化程度的评估^[11-12]、大城市边缘区景观破碎化和空间异质性^[13]、城市建设用地景观破碎化^[14]、城市土地景观变化机制及其驱动力^[15-16]、森林城市景观格局^[17]、景观破碎化的社会经济驱动力分析^[18]、建筑物密度对城市森林景观逆破碎化的影响^[19]、景观生态规划^[20]等方面取得了卓有成效的研究成果,为全方位理解城市化对森林景观格局的影响提供了丰富

的研究素材。

惠州市是珠三角城市化发展最快的地级市之一,随着城市化水平的不断提高,大规模的土地利用变化和频繁的人为干扰造成该地区森林景观剧烈变化。本文以惠州市 1990、2000 和 2010 年的 Landsat TM/ETM+ 影像为研究对象,综合分析城市森林景观破碎化的动态演变趋势,可为快速城市化地区的城市总体规划、绿地系统规划、森林城市建设、城市可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

惠州市地处广东省珠江三角洲东端(N 22°24' ~ 23°57', E 113°51' ~ 115°28'),现辖惠城区、惠阳区 2 区和博罗县、惠东县、龙门县 3 县,设有大亚湾经济技术开发区(简称“大亚湾区”)和仲恺高新技术产业开发区(简称“仲恺区”)。全市陆地面积 1.12 万 km^2 ,占珠江三角洲地区面积的 1/4。惠州市属亚热带海洋性气候,年均气温 21.7 $^{\circ}\text{C}$,年均降雨量 1 700 ~ 2 000 mm,主要集中在 4—9 月^[21]。该市地势地貌复杂,地貌类型以中等山地、丘陵和山间小盆地为主,地势南北高中间低,地形大致是北部和东北部高,逐步向南和西南倾斜。森林土壤主要为赤红壤和红壤,现已形成以近郊森林、远郊森林、城市公园、植物园、绿化带等为主脉的城市森林体系,地带性植被为亚热带常绿阔叶林,乔木层建群种主要为樟科的中华楠 *Machilus chinensis*、壳斗科的米锥 *Castanopsis carlesii*、红锥 *C. hystrix*、罗浮锥 *C. fabri*、

狗牙锥 *C. lamontii* 等,人工植被主要树种有马尾松 *Pinus massoniana*、湿地松 *P. elliottii*、大叶相思 *Acacia auriculaeformis* 和尾叶桉 *Eucalyptus urophylla* 等。20 世纪 80 年代初到 90 年代中期,是惠州市城市化起步阶段,1988 年惠州市的城市化率是 30.1%;20 世纪 90 年代中期到 21 世纪初是惠州市城市化快速发展时期,2000—2007 年的 7 年内,惠州城市化率由 35.4% 迅速提高至 55.8%。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源与处理 选用 3 期惠州市 Landsat TM/ETM+ 影像遥感数据(1990 年 10 月 13 日、2000 年 10 月 12 日和 2010 年 10 月 19 日),影像数据成像

质量较好,研究区内晴朗无云,大气可见度高。对遥感数据进行去云、去噪、直方图匹配和图像拼接等前期处理后,将影像坐标系转换为西安 80 坐标系。用 ENVI 4.5 计算 1990、2000 和 2010 年植被指数(NDVI 指数)分布图(图 1)。根据植被盖度(λ) - NDVI 模型来反演惠州市域植被盖度,即 $\lambda = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}) / (\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min})$ 。按照等距梯度划分法,将植被盖度(λ)划分为 5 个植被覆盖等级,即 $0 \leq \lambda < 0.2$ 为低植被覆盖, $0.2 \leq \lambda < 0.4$ 为较低植被覆盖, $0.4 \leq \lambda < 0.6$ 为中植被覆盖, $0.6 \leq \lambda < 0.8$ 为较高植被覆盖, $0.8 \leq \lambda < 1.0$ 为高植被覆盖(图 2)。

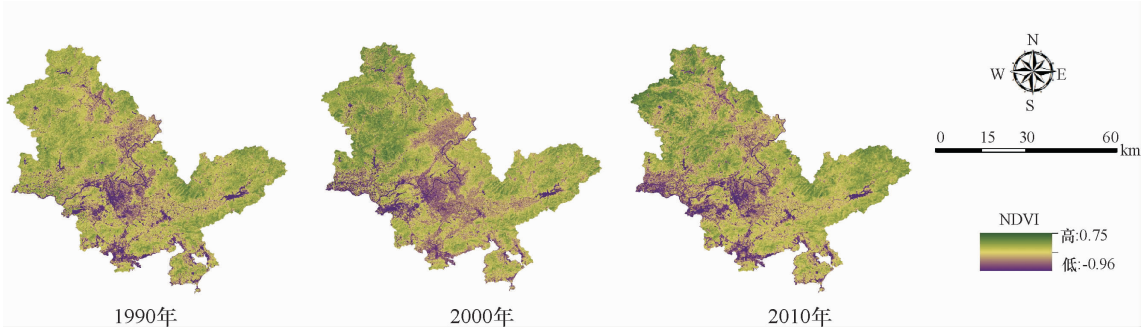


图 1 惠州市 3 期植被指数(NDVI)分布图(1990、2000 和 2010 年)

Fig. 1 The NDVI distribution maps of Huizhou City in three years (1990, 2000 and 2010)

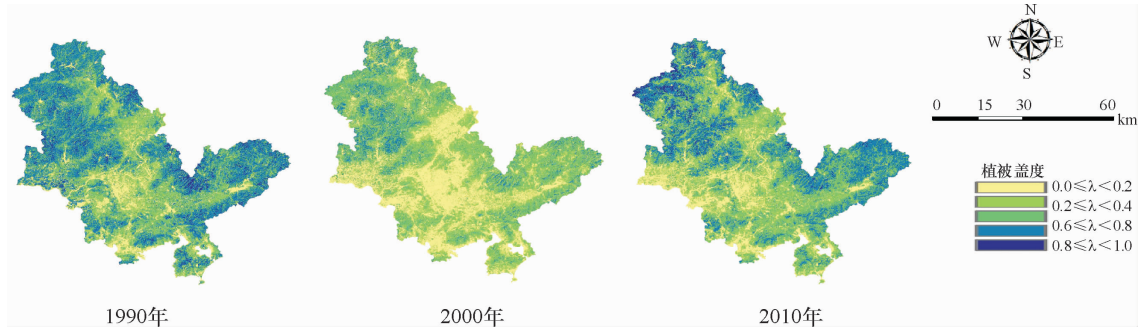


图 2 惠州市 3 期植被盖度(λ)分布图(1990、2000 和 2010 年)

Fig. 2 The distribution maps of vegetation coverage(λ) in Huizhou City in three years (1990, 2000 and 2010)

1.2.2 城市梯度的划分 利用景观指数对比不同城乡梯度上景观变化特征是分析城市化对森林景观影响的有效方法。城市梯度的划分参照任引等^[22]所使用的方法,依照惠州市不同区域的城市化程度,划分城市中心区、近郊区和远郊区的城市梯度。城市中心区包括惠城区内江南、桥西和桥东街道等(人口密度 ≥ 51 人 $\cdot$ hm^{-2});近郊区包括惠城区内河南、龙丰街道和惠阳区淡水街道以及大亚湾区、仲恺区(8 人 $\cdot$ $\text{hm}^{-2} \leq$ 人口密度 < 50 人 $\cdot$ hm^{-2});远郊区包括龙门、博罗和惠东等县(人口密度 ≤ 8 人 $\cdot$ hm^{-2})。

1.2.3 总体景观变化的表征 在 ArcGIS 10.1 中统计不同景观类型的面积,计算不同景观类型的面积

比例。为进一步了解城市化进程中不同景观类型的转移情况,利用 ArcGIS 空间分析模块的 Tabulate Area 工具计算 1990—2000 年和 2000—2010 年不同景观类型的转移矩阵。

1.2.4 景观指数选取 从面积、形状、边界、连通性和空间分布方面度量城市森林破碎化动态和景观格局变化,用斑块密度、平均斑块面积、景观形状指数、邻近距离指数来描述斑块水平上景观组成和构成变化,用景观多样性指数、蔓延度指数来确定景观水平上的森林景观破碎化程度和异质性^[22-23]。采用基于栅格数据的 FRAGSTATS 3.3 从斑块水平和景观水

平分别计算,相关指数的计算方式和意义参阅软件说明。

2 结果与分析

2.1 总体景观变化

惠州市中心区、近郊区和远郊区的景观类型面积比例变化情况如图 3 所示。1990—2010 年,中心区植被低覆盖区域的面积呈现先增大后减少的趋势(1990 年为 51.57%,2000 年为 74.66%,2010 年为 57.30%)。在 1990—2000 年,中心区植被中覆盖区域的面积比例急剧减少,到 2010 年比例又恢复到 1990 年相近水平(1990 年为 21.88%,2000 年为 3.22%,2010 年为 19.7%),由中心区景观类型的转移矩阵可知,1900—2010 年间,植被低覆盖区、较低覆盖区和中覆盖区之间的转移剧烈。1990—2000 年,由于中心区城市化进程加快,大量林地转变为建设用地,使这一时期林地面积减少,非林地面积增加;2000—2010 年,惠州进入城市化后期,中心城区新建了大量城市公园,人工补充了许多绿地,使原先的植被低覆盖区转变为中覆盖区。然而,植被高覆

盖区的面积比例显著下降,在 1990 年存在的高覆盖区,到 2000 年之后几乎完全消失(图 3)。

近郊区植被低覆盖区域面积也呈现先增加后减少的趋势(1990 年为 20.97%,2000 年为 45.84%,2010 年为 29.1%);较高覆盖区域面积比例由 1990 年 23.38%下降到 2000 年的 2.44%,2010 年又增加到 10.77%。近郊区景观类型的转移矩阵表明,1990—2000 年 89.5% 的植被较高覆盖区面积发生转移,这主要是城郊附近的林地发生改变造成的,林地转变为建设用地的比例迅速扩大,使这一时期林地面积减少,特别是龙门县龙城街道、博罗县石湾镇,城市建成区扩张最为明显,林地变化剧烈。2000—2010 年 36.5% 的植被低覆盖区面积发生转移,说明近郊区城市森林建设取得初步成效。

1990—2010 年,远郊区植被低覆盖区和较低覆盖区面积比例先增加后减少,植被中覆盖区基本维持稳定,较高覆盖区面积比例则呈现先降低后增加的趋势(1990、2000 和 2010 年分别为 28.65%、8.01% 和 40.41%),说明 2000 年以后,通过林分改造和封山育林等营林措施远郊区植被覆盖状况明显改善。

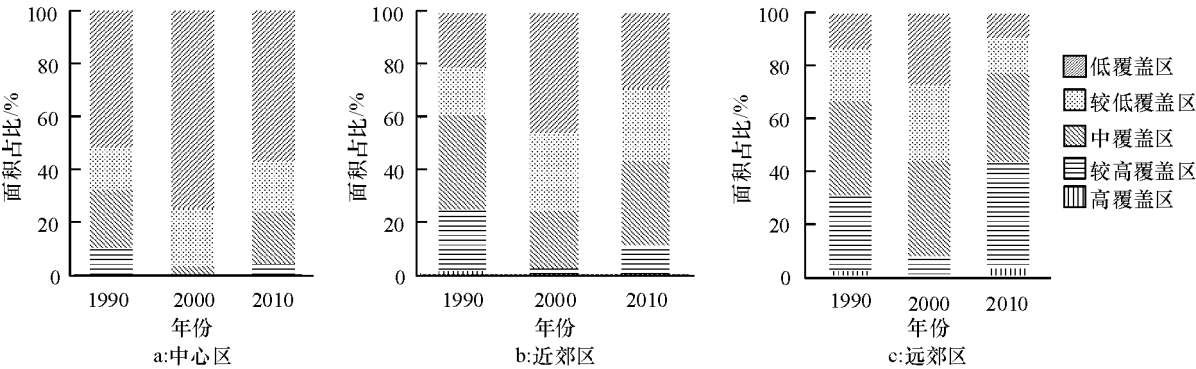


图 3 研究区植被景观类型的面积比例(1990、2000 和 2010 年)

Fig. 3 The area percentages of different types of vegetation landscape in study areas (1990,2000 and 2010)

2.2 不同城市梯度的斑块类型破碎化动态特征

2.2.1 中心区 1990—2010 年期间,惠州市城市中心区的植被低覆盖区的斑块数量成倍减少,斑块数量由 1990 年的 158 个变为 2010 年的 73 个,斑块密度由 1990 年的 0.035 个·hm⁻²降低为 2010 年的 0.016 个·hm⁻²,平均斑块面积却从 1990 年的 14.81 个·hm⁻²增加到 2010 年的 35.60 个·hm⁻²,景观形状指数也逐步下降,仅有邻近距离指数先明显增大,然后明显减小,说明在 1990—2000 年期间,斑块空间分布呈现出快速离散和分化的状态,而在 2000—2010 年期间,斑块空间分布又逐步整合,离散状态减弱。植被较低覆盖区和低覆盖区的斑块数量和斑块密度变化趋势一致,仅在平均斑块面积方面,远远小于植被低覆盖区的平均斑块面积;较低覆盖区的邻近距离指数在 2000 年之后变化较小(表 1),

反映出植被低覆盖区和较低覆盖区的斑块面积不断增大,斑块越来越整合,景观破碎化程度在逐步降低,并且低覆盖区的斑块整合力度比植被较低覆盖区更强。

植被中覆盖区的斑块数量和斑块密度也呈逐渐降低的趋势,但平均斑块面积和邻近距离指数均呈现出先明显减小、后明显增大的大幅度变化状态,而景观形状指数在前 10 年快速减少,后 10 年逐步趋于稳定状态;植被较高覆盖区的斑块数量和斑块密度先减小后增大,平均斑块面积相应表现为先减小后增加(表 1),说明植被较高覆盖区在前期破碎化程度加剧,后期破碎化减缓。景观形状指数和邻近距离指数先减小后增大,说明总体上植被较高覆盖区面积不断增加,且逐渐集聚为较大斑块连片分布。

表 1 中心区植被斑块类型的景观指数变化情况

Tab. 1 The changes of landscape indices for vegetation patches in the central area

类型	植被盖度 (λ)	年度	斑块数量/ 个	斑块密度/ (个·hm ⁻²)	平均斑块面积/ hm ²	景观形状 指数	邻近距离 指数
低覆盖区	0≤λ<0.2	1990	158	0.035	14.81	14.09	1 048.02
		2000	145	0.032	23.36	11.94	2 459.93
		2010	73	0.016	35.60	9.12	1 492.33
较低覆盖区	0.2≤λ<0.4	1990	518	0.114	1.43	38.24	36.84
		2000	233	0.051	4.31	24.32	154.72
		2010	141	0.031	5.93	24.38	156.37
中覆盖区	0.4≤λ<0.6	1990	247	0.054	4.02	29.60	139.31
		2000	177	0.039	0.82	15.42	8.04
		2010	101	0.022	8.85	16.99	177.51
较高覆盖区	0.6≤λ<0.8	1990	216	0.048	2.09	19.40	63.99
		2000	1	0.000	0.09	1.00	0.00
		2010	69	0.015	3.00	9.82	12.61
高覆盖区	0.8≤λ<1.0	1990	17	0.004	0.63	4.61	1.59
		2000	0				
		2010	0				

2.2.2 近郊区 近郊区植被低、较低和中覆盖区的斑块数量和斑块密度变化与城市中心区相似,呈现出先增加、后减少的趋势,但近郊区的斑块数量比中心区多 50 倍左右,斑块面积却总体小于中心区。1900—2000 年期间,近郊区植被低、较低的平均斑块

面积呈增加趋势,但多为细小分散的零散斑块,中覆盖区的平均斑块面积有所减少,在 2000—2010 年期间,植被低、较低和中覆盖区的平均斑块面积迅速扩大,景观形状指数在逐步减小(表 2),说明后 10 年期间,斑块整合的速度加快。

表 2 近郊区植被景观类型的景观指数变化情况

Tab. 2 The changes of landscape indices for vegetation patches in the suburban area

类型	植被盖度 (λ)	年度	斑块数量/ 个	斑块密度/ (个·hm ⁻²)	平均斑块面积/ hm ²	景观形状 指数	邻近距离 指数
低覆盖区	0≤λ<0.2	1990	5 014	0.042	4.94	74.63	1 447.35
		2000	6 275	0.053	8.63	93.29	3 047.44
		2010	2 603	0.022	13.21	54.66	1 460.48
较低覆盖区	0.2≤λ<0.4	1990	11 967	0.101	1.87	184.50	148.80
		2000	12 102	0.102	2.92	192.94	501.56
		2010	3 687	0.031	8.80	122.83	901.15
中覆盖区	0.4≤λ<0.6	1990	8 074	0.068	5.46	166.10	1 376.91
		2000	8 426	0.071	3.03	129.12	851.94
		2010	3 343	0.028	11.46	94.41	405.91
较高覆盖区	0.6≤λ<0.8	1990	8 102	0.069	3.59	112.23	418.17
		2000	3 182	0.027	0.91	67.26	14.30
		2010	2 056	0.017	6.19	53.81	122.69
高覆盖区	0.8≤λ<1.0	1990	458	0.012	1.03	42.64	13.92
		2000	110	0.000	0.20	13.40	0.21
		2010	256	0.002	1.22	18.36	3.22

植被较高覆盖区的斑块数量呈快速减少的趋势,平均斑块面积先迅速减小,后又迅速增大,景观形状指数总体上逐渐减小,邻近距离指数先减小、后增大,说明近郊区植被较高覆盖区在 1990—2000 年期间,城市森林景观受人为干扰较大,斑块消失速度快,主要体现在近郊区的森林斑块被建设用地取代,土地利用变化剧烈,城市森林景观破碎化程度不断加剧。植被高覆盖区的斑块数量远远小于其他覆盖

区,斑块密度非常低,平均斑块面积也较小,1990—2010 年期间,斑块数量和平均斑块面积呈现出先减小、后增大的趋势,景观形状指数和邻近距离指数均远远小于其他植被覆盖区,也呈现出先迅速减小、后略有增长的趋势(表 2)。说明近郊区植被高覆盖区也受到一定程度的人为干扰,但干扰强度远远低于其他植被覆盖区。

2.2.3 远郊区 远郊区植被低和较低覆盖区的斑块数量与中心区和近郊区相似,先明显增加,后明显减少,但斑块数量远远多于中心区和近郊区,平均斑块面积也持续增加,景观形状指数呈逐渐增加的趋势(表 3)。植被中、较高和高覆盖区斑块数量逐渐减少,植被中覆盖区的平均斑块面积持续增加,植被较高和高覆盖区的平均斑块面积在前 10 年期间存在明显减小,后 10 年明显增大,但这 3 个覆盖区的景观形状指数逐渐下降,仅植被高覆盖区的邻近距

离指数在后 10 年略有增加(表 3)。植被中覆盖区虽然斑块数量显著减少,但是平均斑块面积却明显增加,破碎化程度减少,这主要是由于人为活动在远郊区可达性高的区域开展植树造林活动所导致;植被较高覆盖区的斑块数量和斑块密度在后期显著减少,平均斑块面积增大,表明植被较高覆盖区在后期破碎化程度减弱,这主要是由于分散的植被中覆盖区在后期进阶为较高覆盖区。

远郊区是荒山绿化造林的重点区域,通过实施四江流域水源涵养林、中央投资防护林建设、绿色通道建设等,城市森林绿地斑块在 1990—2000 年期间,数量明显增多,面积也逐步增大,而在 2000—2010 年期间,斑块数量减少,平均斑块面积成倍增大,充分说明了城市森林重点生态工程对远郊区的绿地覆盖率有明显的促进作用。

表 3 远郊区植被斑块类型景观指数的变化情况
Tab. 3 The changes of landscape indices for vegetation patches in the outer suburban area

类型	植被盖度 (λ)	年度	斑块数量/ 个	斑块密度/ (个·hm ⁻²)	平均斑块面积/ hm ²	景观形状 指数	邻近距离 指数
低覆盖区	0≤λ<0.2	1990	32 997	0.033	2.68	198.33	3 353.04
		2000	62 526	0.063	4.35	248.17	2 148.78
		2010	17 498	0.018	7.45	274.45	1 661.79
较低覆盖区	0.2≤λ<0.4	1990	78 706	0.079	1.72	314.06	310.09
		2000	116 054	0.116	2.46	444.35	137.74
		2010	28 194	0.028	7.32	583.03	173.58
中覆盖区	0.4≤λ<0.6	1990	85 168	0.085	3.95	523.94	472.91
		2000	64 326	0.064	5.62	452.78	344.14
		2010	31 481	0.032	11.08	315.76	339.21
较高覆盖区	0.6≤λ<0.8	1990	52 893	0.053	7.63	370.01	547.39
		2000	49 903	0.060	1.34	304.76	300.55
		2010	21 138	0.021	13.54	216.71	224.84
高覆盖区	0.8≤λ<1.0	1990	34 765	0.035	1.02	223.4	385.42
		2000	11 148	0.001	0.19	135.58	41.27
		2010	11 224	0.011	2.43	85.75	235.66

2.3 城市梯度上景观类型水平动态

2.3.1 中心区 1990—2010 年中心区斑块密度逐渐增大,平均斑块面积却减小(表 4),说明城市森林景观破碎化程度提高。但是 2000—2010 年的变化量小于 1990—2000 年的变化量(表 4),说明破碎化程度减缓。1990—2010 年,中心区蔓延度指数由 47.20 下降到 45.70,多样性指数由 1.09 增加到 1.21(表 4),反映出景观中不同植被覆盖区域之间的转移加剧,有更多的景观类型均匀分布。中心区破碎化程度方面,虽然从数量、面积变化来看,在城市化快速发展的后期并没有急剧变化,但是斑块空

间分布上却表现为更强的异质性,破碎化增强。说明城市化过程中,人为活动对中心区的植被覆盖干扰不断增强。结合前面不同林地面积的比例和转化可知,人类活动的干扰主要表现在植被低覆盖区和中覆盖区之间的相互转换,植被高覆盖区略有减少。

2.3.2 近郊区 近郊区的斑块密度主要表现为先快速上升、后有所下降,景观形状指数先增大、后减小,平均斑块面积表现为先减小后增大,但指标后期变化幅度小(表 4),说明近郊区破碎化程度前期加剧,后期减缓。蔓延度指数先减小后增大,多样性指数先增大后减小(表 4),说明前期景观中多为不同

景观类型的密集分布,而后期景观异质性减小。近郊区是城市化发展过程中易受人为活动干扰的敏感区,城市化快速发展的区域,如大亚湾区、惠阳区淡水街道等区域,原先的林地斑块(植被中覆盖区)逐渐被建设用地取代。

2.3.3 远郊区 远郊区的斑块密度也表现为先上升、后下降,景观形状指数和平均斑块面积变化整体表现为前期显著,后期差异不大(表4),说明远郊区的景观类型组成和构成趋于稳定。1990—2000年,

斑块数量增加将近1倍(表3),斑块密度和景观形状指数显著增加,但蔓延度指数缓慢降低(表4),数据显示景观破碎化程度加剧,主要是因为经过人工造林的改造提升,使得森林斑块数量增多,但森林绿地斑块间尚未完全整合,造成遥感提取和运算的数据显示景观破碎化增强的现象。2000—2010年,景观形状指数变化不明显,蔓延度指数也逐渐降低,多样性指数变化较小,说明城市化进程中,人为活动对远郊区森林绿地的土地利用现状改变较小。

表4 1990—2010年不同城市化区域的植被景观指数变化情况

Tab. 4 The changes of landscape indices for urban vegetation from 1990 to 2010 in different study areas						
区域	年度	斑块密度/ (个·hm ⁻²)	景观形状指数	平均斑块面积/ hm ²	蔓延度指数	多样性指数
中心区	1990	0.08	14.90	11.81	47.20	1.09
	2000	0.22	20.65	8.16	64.82	0.76
	2010	0.25	24.32	3.92	45.70	1.21
近郊区	1990	0.10	86.49	9.89	46.38	1.14
	2000	0.28	139.47	3.52	34.72	1.40
	2010	0.25	123.25	3.93	40.17	1.33
远郊区	1990	0.18	262.28	9.12	40.26	1.28
	2000	0.30	407.78	3.29	39.11	1.34
	2010	0.11	404.39	3.51	37.29	1.42

3 讨论与结论

城市绿地景观的破碎化主要是快速城市化对原有绿地的占用所造成^[3-4],由于城市的快速扩张,原有绿地转变为工业用地、建筑用地和道路用地等^[5],造成城市绿地斑块数量增多,面积减小。但随着人工绿地的有序重建,城市绿地面积会逐渐增加,且斑块数量减少,破碎化程度得到缓解,这种过程被称为逆破碎化^[19]。惠州市地处广东省珠三角经济发达区,紧邻深圳、东莞和广州,近年来经济发展非常迅速,城市扩张速度也非常快。在1990—2000年期间,因城市中心区和近郊区的建设用地快速增加,对城市森林的刚性保护较弱,造成城市森林景观破碎化严重。2000年以后,城市森林作为城市绿色生态基础设施受到政府层面的高度重视,大型城市森林绿地得到有效保护,营建了较大面积的城市公园、森林公园和湿地公园,2014年9月惠州市获国家林业局授予“国家森林城市”称号,城市森林景观在人为干扰下趋于正向演化,结构逐渐优化,表现出典型的逆破碎化趋势和状态。城市森林生态系统的恢复和重建,可以有效地改善城市森林绿地景观状态,提高城市森林覆盖率和绿化覆盖率,充分说明人工森林重建对森林绿地景观格局的变化具有重要作用,这

在中国西部人工植被恢复和三峡库区人工造林等方面均得到较好的验证^[23-24]。

利用不同时期的遥感影像数据,通过相关软件的数据转换,可以很清晰地反映出城市森林景观破碎化的演变趋势,也可较为准确地监测城市快速扩张过程中,城市用地的动态性变化。惠州市中心区、近郊区和远郊区的城市森林破碎化动态具有差异性。中心区植被景观变化的总体特征表现为破碎化程度不断加剧,人类活动对植被类型的改造强度不断增加,植被高覆盖区逐渐被替代,后期城市公园建设和道路绿化等得到重视,城市绿地相关规划和管理的重要性不断显现。近郊区破碎化程度前期加剧,后期减缓,近郊区部分区域城市建设非常快,土地利用变化剧烈,如大亚湾经济开发区的成立和城市建设、博罗县石湾镇城市化快速发展等,这些区域需要加强森林经营管理和景观规划。远郊区是惠州市森林主要分布地区,1990年以来,植被中、高覆盖区面积占50%以上,由于地形、道路影响,可达性较差,城市化程度较低,人工荒山造林和生态修复对植被中、高覆盖区的数量和面积有较大的贡献,绿地景观整体性强,这些区域是惠州市区的天然绿色屏障,在未来城市规划和建设过程中,应按照林业生态红线要求严格控制林地转为建设用地。

参考文献:

[1] 石磊, 张云路, 李佳怿. 城镇化背景下中国乡村绿地系统规划相关基础内容探讨[J]. 中国园林, 2015(4): 55-57.

[2] NICK M, HADDAD L A, BRUDVIG J C, et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems [J/OL]. Sci Adv, 2015, 1(2): e1500052[2015-03-20]. <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1500052>.

[3] 陈利顶, 孙然好, 刘海莲. 城市景观格局演变的生态环境效应研究进展[J]. 生态学报, 2013, 33(4): 1042-1050.

[4] GIULIO M D, HOLDEREGGER R, TOBIAS S. Effects of habitat and landscape fragmentation on humans and biodiversity indensely populated landscapes [J]. J Environ Manage, 2009, 90(10): 2959-2968.

[5] 黄硕, 郭青海. 城市景观格局演变的水环境效应研究综述[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3012-3150.

[6] 周雅星, 刘茂松, 徐 驰, 等. 南京市市域热场分布与景观格局的关联分析[J]. 生态学杂志, 2014, 33(8): 2199-1050.

[7] 戴兰, 王海军, 高娟, 等. 快速城市化背景下景观生态安全时空动态分析:以南昌市区为例[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2015, 49(2): 267-273.

[8] 李晓燕, 张树文. 基于景观结构的吉林西部生态安全动态分析[J]. 干旱区研究, 2005, 22(1): 57-62.

[9] XI J Y, CHO N N. Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along two urban-rural transects: A case study of Guangzhou, China[J]. Landscape Urban Plan, 2007, 79(1): 96-109.

[10] POELMANS L, ROMPAEY A V. Detecting and modeling spatial patterns of urban sprawl in highly fragmented areas: A case study in the Flanders Brussels region[J]. Landscape Urban Plan, 2009, 93(1): 10-19.

[11] 孙飞, 陈敏学, 毛丽君, 等. 中国大陆省级尺度森林破碎化特征评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(1): 43-51.

[12] RAFAEL M S, JUAN M T R, FRANCISCO M S, et al. National assessment of the fragmentation, accessibility and anthropogenic pressure on the forests in Mexico[J]. J Forest Res, 2012, 23(4): 529-541.

[13] 李灿, 张凤荣, 朱泰峰, 等. 大城市边缘区景观破碎化空间异质性:以北京市顺义区为例[J]. 生态学报, 2013, 33(17): 5363-5374.

[14] WEI Y P, ZHANG Z Y. Assessing the fragmentation of construction land in urban areas: An index method and case study in Shunde, China[J]. Land Use Policy, 2013, 29(2): 417-428.

[15] BUYANTUYEV A, WU J G, GRIES C. Multiscale analysis of the urbanization pattern of Phoenix Metropolitan landscape of USA: Time, space and thematic resolution [J]. Landscape Urban Plan, 2010, 94(3/4): 206-217.

[16] SHRESTHA M K, YORK A M, BOONE C G, et al. Land fragmentation due to rapid urbanization in the Phoenix Metropolitan Area: Analyzing the spatiotemporal patterns and drivers[J]. Appl Geogr, 2012, 32(2): 522-531.

[17] 叶伟, 吴荣良, 赖日文, 等. 基于 3S 技术的森林城市景观结构分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(1): 56-61.

[18] 李明诗, 刘图强, 潘洁. 森林破碎化的社会经济驱动力分析:以美国阿拉巴马州为例[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(6): 57-59.

[19] 刘常富, 张幔芳. 不同建筑密度下城市森林景观逆破碎化趋势[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(5): 266-271.

[20] HONG B, LIU S, LI S H. Ecological landscape and design of an urban landscape fringe area: A case study of Yang'an district of Jiande City[J]. Procedia Eng, 2011(21): 414-420.

[21] 陈修康, 张华俊, 顾继光, 等. 惠州市 3 座供水水库沉积物重金属污染特征[J]. 应用生态学报, 2012, 23(5): 1244-1262.

[22] 任引, 王大睿. 厦门城市森林景观破碎化时空演变特征分析[J]. 福建林学院学报, 2012, 32(3): 213-219.

[23] 王鹏, 李贤伟, 赵安玖, 等. 植被恢复对洪雅县近 15 年景观格局的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(20): 6721-6729.

[24] 张煜星, 严恩萍, 夏朝宗, 等. 基于多期遥感的三峡库区森林景观破碎化演变研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(7): 1-7.

【责任编辑 李晓卉】