

深圳市生态可持续发展中的景观格局动态变化^{*}

张智昌 彭词清 刘 轩 王雅祺

(广东省岭南综合勘察设计院, 广东 广州 510663)

摘要 文章以深圳市为研究对象, 采用主成份分析法获取能反映城市生态景观格局的关键指标, 以城市生态可持续发展理论为指导, 结合景观生态概念, 从整体景观结构特征与变化趋势、绿色空间连接情况与控制能力、土地保障能力与集约用地水平 3 个方面建立深圳市生态可持续发展评价指标体系, 通过关键景观指数的动态变化分析深圳生态系统健康状态, 并采用 AHP-熵权法对指标进行赋权, 计算出 2009、2011、2013 年深圳市生态可持续发展综合评价指数。分析结果表明, 深圳市整体生态可持续发展能力良好, 在新的政策引导下有一定的上升趋势, 景观破碎化严重、生态空间不足、土地利用粗放等问题是深圳生态可持续发展的最大阻力。通过对深圳市生态可持续发展中存在的主要问题进行分析, 提出了相应的对策。

关键词 生态可持续发展; 景观指数; 土地利用; 深圳市

中图分类号: P901 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2017) 04-0080-08

Dynamical Change of Landscape Pattern in Ecological Sustainable Development of Shenzhen

ZHANG Zhichang PENG Ciqing LIU Xuan WANG Yaqi

(Lingnan Integrated Exploration and Design Institute of Guangdong, Guangzhou, Guangdong 510663, China)

Abstract Ecological sustainable development is the prerequisite for the development of city. Taking Shenzhen as the research object, the principle component analysis is used to obtain the key indicators that reflect the pattern of urban ecological landscape. Based on the theory of urban ecological sustainable development and the concept of landscape ecology, the evaluation index system of ecological sustainable development of Shenzhen is constructed by three aspects: the characteristics of overall landscape structure and the changing trend, the condition of green space connection and the control ability, and the ability of land security and the level of intensive land-use. The healthy status of Shenzhen ecosystem is analyzed by the dynamic change of the key landscape index, and AHP-entropy method is used to empower the index to calculate the comprehensive evaluation index of ecological sustainable development of Shenzhen in 2009, 2011 and 2013. The analysis results showed that the overall ecological sustainable development capability of Shenzhen is good, and there is a certain upward trend under the guidance of the new policy, the problem of serious fragmentation of landscape, the lack of ecological space and the extensive land use are the biggest resistance of ecological sustainable development in Shenzhen. Finally, the paper analyzes the main problems in the ecological sustainable development in Shenzhen, and puts forward corresponding countermeasures for these problems.

Key words ecological sustainable development; landscape index; land use; Shenzhen

^{*} 基金项目: 深圳市森林城市建设总体规划 (2016-2025 年)。

第一作者: 张智昌 (1983—), 男, 工程师, 主要从事林业调查规划设计, E-mail: zzc0518@vip.qq.com。

通信作者: 刘轩 (1990—), 男, 工程师, 主要从事林业调查规划设计, E-mail: sun648140951@163.com。

城市化是人类社会发展的必然趋势,伴随城市化的迅速发展,社会经济与生态环境之间的矛盾日益激烈,生态可持续已成为城市发展的必然要求^[1]。近年来,深圳市社会经济迅猛发展,工业化与城市化进程日益加速,其经济总量常年位居全国内地副省级以上城市首位,与此同时,深圳市生态可持续与城市发展之间的矛盾却越来越激烈,这种现象在高速发展的城市中极具代表性。目前,国内外对生态可持续发展的研究主要是综合社会、经济、环境三方面的因素建立指标体系,通过计算城市生态足迹及生态承载力来反映城市的可持续发展情况,很少从土地利用结构的角度来分析城市生态发展趋势^[2-3]。城市发展以土地资源作为重要载体,土地利用变化是景观格局演化的主要驱动力,也是区域生态环境健康的重要影响因子^[4]。通过土地利用变化过程中景观元素的内在属性来确定城市的生态空间状态、用景观斑块的聚散流动及景观格局的结构特征来描述城市生态可持续发展能力具有一定意义。

良好的生态系统要求城市在建设过程中保持“人地关系”的和谐发展,最终达到经济平衡与生态平衡合而为一,而这一过程中,城市生态功能的演变形态及特征却往往难以直接监测和控制。本文以深圳市为研究对象,主要探讨以下问题:

(1) 城市发展中,哪些景观指数是城市景观结构中的关键指标,通过这些关键指标能否对城市景观生态状况进行定量化研究;(2) 引入景观转移概率矩阵,试图分析城市化演变过程中,景观元素的转变趋势;(3) 城市发展过程中,土地利用变化对景观生态可持续发展造成何种影响。研究结果可为深圳市及类似城市的景观生态建设及土地可持续发展优化提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

深圳市地处广东省中南部沿海,珠江口东岸,位于 $113^{\circ}46' \sim 114^{\circ}37' E$, $22^{\circ}27' \sim 22^{\circ}52' N$ 之间,全市土地总面积 $1\,991.6\text{ km}^2$ 。地貌主要以低山、阶地丘陵和平原为主;地貌轮廓总体表现为地势东南高,西北低,坡度较为缓和。深圳属亚热带海洋性季风气候,年均气温 $22.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,年均降水 $1\,933.3\text{ mm}$,拥有天然淡水资源 7.76 亿 m^3 ,人均水资源拥有量 500 m^3 。地带性植被类型为亚热带

常绿阔叶林,已知有维管束植物 $1\,942$ 种,其中种子植物 $1\,751$ 种,蕨类植物 191 种;现存植被多为次生林、人工林和经济作物^[5]。大气环境状态良好,存在轻微的酸雨问题。水质状况表现为水库水质极佳、东部海域整体水质良好、西部海域水质较差的特征^[6]。

1.2 数据来源

选取2013年7月Landsat ETM遥感影像(30 m 分辨率)及2009、2011年同分辨率的TM影像数据,用于土地利用类型分类数据的提取。同时收集大量的非遥感数据作为辅助性研究资料,包括深圳市 $1:10\,000$ 地形图、行政区划图以及土地利用总体规划图、研究期内深圳市的统计年鉴、2009—2013年深圳乡镇边界矢量数据以及地面实测数据等。

1.3 研究方法

根据深圳市内主要景观斑块的分布特征将土地利用类型分为草地、园地、水域、林地、城镇建筑用地、道路、耕地和其他土地等8种类型。采用主成份分析方法,计算景观生态学中常用的景观指标在这8种土地分类中不同主分量的贡献度大小,得出能反映深圳城市景观格局特征的代表性指标,并通过构建生态可持续发展指标体系,计算代表性指标的量值,综合得出深圳市整体景观生态评价。

1.3.1 景观格局指标定义 景观指数高度浓缩景观格局信息,指标类型不同,其反映的景观结构及空间配置也存在差异^[7-8],通过景观指数分析能准确的评测城市的发展健康程度及产业布局的合理性,也对城市的开发潜力、发展方向起到一定指示作用。文章采用Fragstats软件对各指标数值进行计算,其计算公式及生态学涵义如表1所示。

1.3.2 指标体系的构建 综合考虑城市整体结构稳定性、生物多样性、城市景观连接性及景观辐射能力、城市土地利用状况等因素,根据景观聚集分散与多样性原则、景观的连通性与控制性原则以及城市空间扩散与土地集约利用原则,综合主成份分析方法得出的景观代表性指标,构建深圳城市生态可持续发展能力评价指标体系,用典型的景观指标定量化分析生态系统中不同景观类型对生态可持续发展带来的影响,指标体系如表2所示。

表1 关键景观指标定义

指标类型	计算方法		指标内涵	权重
	公式	说明		
斑块密度	N/A	描述斑块的破碎程度及分化水平	指数越大, 自然景观的连续性与均质性越差, 不利于生物多样性发展。	0.09
有效粒径大小	$\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A}$	反映斑块平均面积特征	有效粒径越大的景观类型在景观中占据比重越大。	0.11
香农多样性	$\sum_{i=1}^n P_i \ln(P_i)$	反映斑块种类的齐全及多样化情况	表征景观斑块的多样性及指标值越大, 景观斑块的类型或均匀性越大。	0.08
景观丰富度	n/A	描述景观类型及空间异质状态	与物种丰度正相关, 对于需要多种生境条件的生物尤为重要。	0.09
景观分裂指数	$\left[1 - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{A} \right)^2 \right]$	描述景观的分割状况	取值 (0, 1], 景观被分割程度越大, 指数值越接近 1。	0.08
连接度指数	$100 \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right)^{-1} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij} \times \sqrt{a_{ij}}} \right)$	反映景观连接状况	指示相同生境类型空间位置上的连接情况, 可用于分析动物对生境破碎化的反应。	0.09
最大斑块指数	$100 \cdot \max(a_1, \dots, a_n) / A$	用于优势景观类型的确定	指数越大的景观类型越具生态优势性, 可用于指示人类活动的强度与方向。	0.11
斑块总核心面积	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^c \left(\frac{1}{10000} \right)$	反映自然景观结构的稳定性	生态斑块核心区受人类干扰较小, 对物种保护及自然保护区规划更具意义。	0.14
香农均匀性指数	$-\sum_{k=1}^m P_k \ln(P_k) / \ln(m)$	反映景观多样性的变化特征	取值 0 到 1, 值越趋向 1, 景观优势种越不明显、斑块类型越趋于均匀分布。	0.05
分离度	$A^2 / (\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^2)$	反映景观分离特征	取最小值 1 时, 表示景观仅由一个斑块组成, 值越大, 景观分离度越大。	0.07
分维数	$2 \ln \frac{C}{R} / \ln(A)$	反映空间斑块形状的复杂度	取值 1 到 2 间, 值越小, 斑块形状越简单, 表明自然景观受人类活动干扰较大。	0.04
聚集度指数	$2 \ln(n) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij})$	反映景观斑块的空间配置特征	指标值越大, 表明景观中优势斑块的集聚性和连通性越大, 破碎性较小。	0.05

注: 以上表格参考 Fragstats 软件的帮助文档, 其中, N- 景观斑块数; A- 研究区域的面积 (景观总面积); a- 单个斑块面积; P- 景观出现概率; n- 斑块类型数量; a^c - 斑块核心面积; C- 斑块周长; R- 常数。

表 2 基于景观格局分析的深圳市生态可持续发展指标体系

目标层	准则层	方案层
景观整体结构特征与变化趋势	景观破碎化及有效粒度	景观斑块密度 有效粒度尺寸
	景观多样化及景观丰富度	香浓多样性指数 景观丰富度指数
	绿色空间分割及水系联通度	绿地景观分离度 水域连接度指数
绿色空间连接情况及控制能力	生态型景观辐射及控制度	绿地平均核心斑块面积 绿地最大斑块指数
	非建设用地保障及优势度	非建设用地景观优势度 非建设用地景观分割度
土地保障能力及集约用地水平	建设用地集约度	建设用地斑块分维度 建设用地景观聚集度

1.4 综合指数计算

1.4.1 指标权重确定 指标权重的确定是多指标综合评价系统中最关键的部分^[9]。根据评价目的和数据来源差异，确定指标权数的方法一般可分为主观赋权法、客观赋权法和组合赋权法三类^[10]。本文选用了主、客观综合的“AHP-熵权法”组合赋权法来对指标进行计算^[11-13]，指标权重计算结果如表 1 所示。

1.4.2 生态可持续发展综合指数计算 根据各个指数的权重值及其量化值，可计算出深圳市生态可持续发展能力评价的综合指数：

$$E_i = \sum_{i=1}^m B_i \times A_i$$

式中， E_i 为各评价对象城市可持续发展能力综合评价指数； B_i 为研究单元上第 i 个指标的标准量化值。

2 结果与分析

2.1 景观转移概率分析

计算得出 2009—2013 年期间深圳市土地利用

类型景观转移概率矩阵，结果如表 3。其中：（1）城镇建筑用地的非转移概率最大，达 98.93%，这与城市建设用地的内在属性有关，表明非建设用地向建设用地的转换过程难以逆转。其次是林地，其非转移概率为 96.74%，且林地转入概率大于转出的概率，这反映了深圳市森林城市建设已取得一定成效；（2）其他土地的非转移概率仅 67.06%，表明该土地类型结构的不稳定性，其演变为建设用地的概率较高；（3）耕地、草地向城镇建筑用地也具有高流转风险，转移概率分别为 12.86%、16.22%，这主要是由于城市空间扩张对土地资源的进一步利用所致；（4）其他类型景观转变为园地、草地概率极低，表明这两种景观在演变过程中具有较小的不确定性，在未来发展中逐渐流失的风险较大。景观预测结果中，水域、道路景观的转移概率不大，与景观的内在特质紧密联系。总体而言，深圳市主要表现为其他 7 种景观类型向城镇建筑用地转化的特征，这与城市发展及相关政策的实施密切相关。

表 3 2009、2013 年深圳市土地景观转移概率矩阵

土地利用类型	草地	园地	水域	林地	城镇建筑用地	道路	耕地	其他土地
草地	80.65	0.03	0.39	0.27	16.22	0.76	1.61	0.06
园地	0.00	88.98	0.20	0.91	5.32	0.80	3.69	0.10
水域	0.00	0.05	90.57	0.48	2.56	5.40	0.90	0.04
林地	0.00	0.01	0.19	96.74	2.38	0.40	0.27	0.01
城镇建筑用地	0.00	0.00	0.08	0.82	98.93	0.07	0.06	0.03
道路	0.00	0.01	0.03	6.02	0.88	92.62	0.43	0.01
耕地	0.00	0.09	0.52	0.73	12.86	0.97	84.62	0.21
其他土地	0.00	0.02	0.31	0.31	28.17	2.71	1.42	67.06

2.2 深圳城市景观格局动态变化分析

基于建立的生态可持续发展指标体系,结合深圳市土地利用结构特征,从城市整体景观格局特征与变化趋势、绿色空间连接性与控制能力、城市土地利用保障程度3个方面进行分析,找出

不利深圳生态可持续发展的限制性指标,进而提出有利于促进城市土地利用格局优化、景观生态系统结构稳定、发展可持续发展的建议或措施。深圳市景观格局动态变化见表4。

2.2.1 城市整体景观结构与变化趋势 据表4可

表4 深圳市景观格局动态变化

目标层	方案层	时间		
		2009年	2011年	2013年
整体景观结构特征与变化趋势	景观斑块密度	59.351	63.134	65.213
	有效粒度尺寸	0.351	0.432	0.328
	香农多样性指数	1.124	1.107	1.082
	景观丰富度指数	1.598	1.570	1.553
绿色空间连接情况与控制能力	绿地景观分离度	0.952	0.977	0.990
	水域连接度指数	0.523	0.518	0.511
	绿地平均核心斑块面积	9.777	9.721	9.753
	绿地最大斑块指数	5.929	5.850	5.914
土地保障能力与集约用地水平	非建设用地景观优势度	0.121	0.120	0.114
	非建设用地景观分割度	82.336	88.493	88.654
	建设用地斑块分维度	1.052	1.054	1.050
	建设用地景观聚集度	25.531	25.537	25.462

知,2009—2013年,深圳市景观破碎化指数明显增加,具体表现为斑块面积降低,小斑块的密度及个数增加,比较3个年份的有效粒度尺寸和景观斑块密度指标数值可知,景观破碎化的速度有下降趋势,这表明深圳城市建筑逐渐饱和、趋于稳定。与此同时,表征区域内生物多样性的景观多样性指数与景观丰度密度指数也呈现出略微下降态势,说明随着城市建设与扩张,人类活动的快速干扰破坏了景观斑块的天然属性,无法适应新环境的生物将被迫迁移或面临灭绝,导致城市景观类型不断趋于同质化发展。生物多样性的降低破坏了城市生态系统的稳定性,不利于深圳生态可持续发展^[14]。

2.2.2 城市绿色生态空间分析 据表4可知,深圳市绿地平均核心斑块面积、最大斑块指数都呈现一定的减小趋势。随着城市开发,城市建设用地对农林用地斑块的占用以及交通网络的建设对农林用地的分割,使绿色用地总面积持续减少,山区农林用地等大型绿色斑块完整性被逐步破坏,小斑块数量迅速增加,导致绿地空间分离度和破碎性增加。通常来说,完整的生态斑块更有利于物种资源的保存,发挥更好的生态效益。对生态

斑块的分割将会减弱其生态功能的发挥。

深圳城市湿地景观分布相对集中,区域分布不均。湿地景观主要分布在宝安区、南山区、大鹏新区,其它各区分布比重较均衡。2009—2013年,水系连通指数有所降低,这与交通道路和建筑用地对水域面积的占用有关,水系连通性被阻碍会对生物的迁徙等产生消极的影响,不利于景观生态廊道的建设。

2.2.3 城市土地利用保障能力与集约用地水平分析 由表4可知,建设用地斑块分维数保持在1.05左右,数值较小且波动不大,这说明城市景观斑块形状较为简单,相对于复杂边界的自然斑块,建设用地始终占据城市景观中的主导地位。建设用地聚集度基本维持在25.5左右,指数值较大,总体有略微的下降趋势,说明城市建筑高度聚集,研究期内仍然保持一定的向外扩张态势,这是高度城市化以及城区发展处于成熟稳定阶段的一个表现^[15]。

深圳市非建设用地景观优势度呈现出下降趋势、分割度呈增高趋势。2个指标从不同的角度同时揭示了深圳市非建设用地的景观破碎性增加,被建设用地吞并的风险较大。非建设用地优势度

低，表明非建设用地保障能力面临城市建设用地挤占的压力较大；分割度高，表明非建设用地被侵占及流转的可能性较大。2 指标综合说明深圳市发展对非建设用地的利用度较高，但在未来发展中城市将缺乏充足的非建设用地保障，城区建设空间基本饱和，建设用地可利用空间较小。

过于集中的建设用地斑块不利于城区景观异

质性的形成，限制了城区的扩展空间，建设用地的过度聚集往往使城区内生态用地受到挤压，城市人居环境难以提高，城市的丰富功能难以展开，大大降低了整个景观的生态效益。

结合卫星影像来看（图 1），深圳市城市整体景观格局的演变趋势更明显。整体表现为景观格局趋向破碎化，建设空间趋向集中连片，生态用

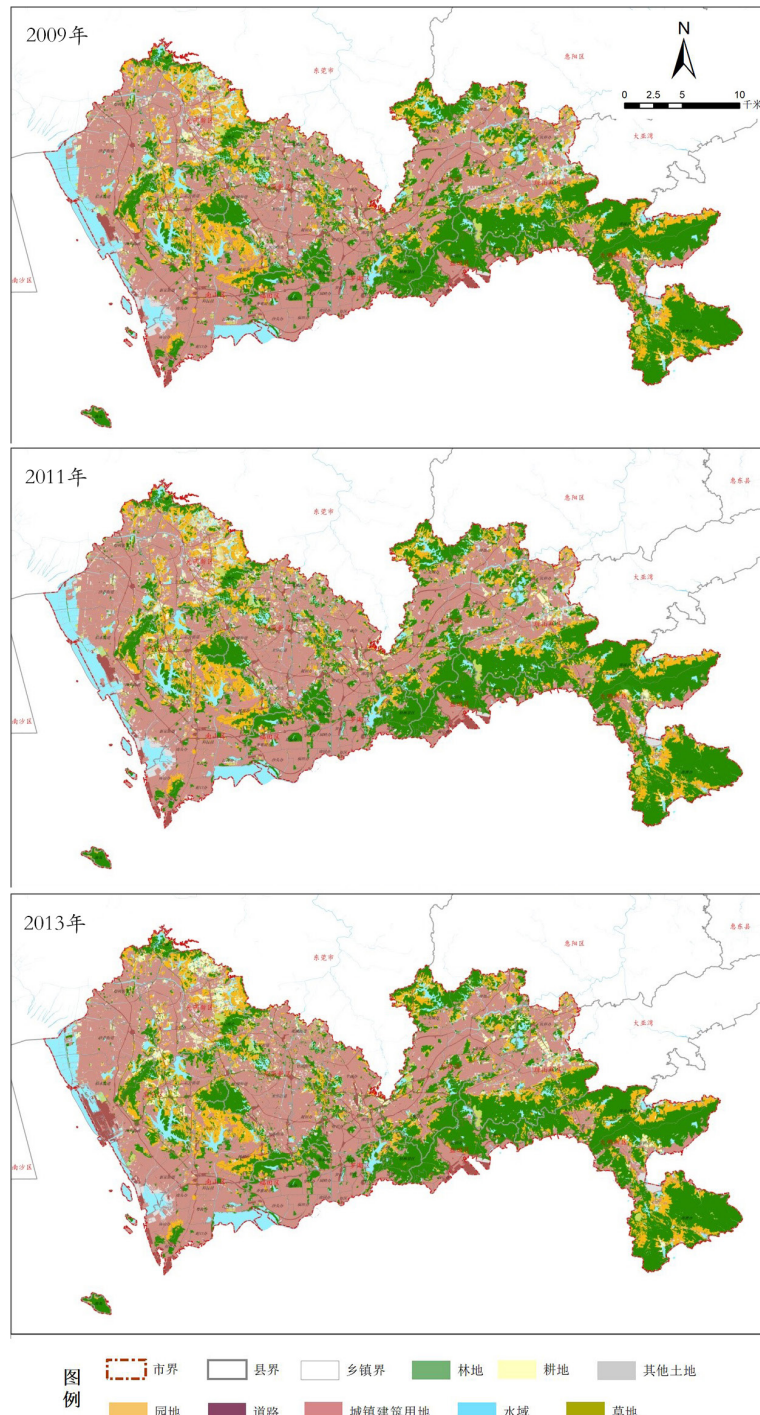


图 1 深圳城市景观格局演变

地逐渐向建设用地转化:(1)山地景观以连片为主走向逐渐破碎,又缓慢趋于稳定;表现为东部地区山地景观保护相对较好,西部地区山地景观减少明显。(2)湿地资源的开发利用强度加大,以水库、滨江、滨海湿地为主的河流景观连通性逐渐降低,河道硬化、河岸植被消失等问题比较突出,滨海、滨江的湿地遭到人为活动干扰大,湿地面积锐减,特别是西部滨江湿地受填海工程的影响,大面积缩减。(3)建设用地景观呈现从零星分布向集中连片的变化趋势,主要集中在滨海、滨江及山脚平地。罗湖区、福田区等老城区建设用地逐渐饱和,宝安区及几个新区快速发展,建设用地呈现团聚扩张态势。

2.3 生态可持续发展综合指数变化分析

通过前文中生态可持续发展指标体系综合指数计算公式得出,深圳市生态可持续发展综合指数值为0.59~0.62之间,参照各种统计资料及相关文献,把深圳市生态可持续发展状况分为4个等级: $E_i < 0.25$,属于弱可持续发展; $0.25 \leq E_i < 0.5$,属于中等可持续发展; $0.5 \leq E_i < 0.75$,属于良好可持续发展; $0.75 \leq E_i$,属于强可持续发展^[16]。

根据计算,深圳市2009年、2011年、2013年的生态可持续发展综合能力指数分别为0.605、0.592、0.597。对照评价标准可知,深圳市生态可持续发展能力属良好水平,整体上表现为细微的下降趋势。2009—2011年,指数值有一定的下降,这表明城市化的发展对生态环境已产生了消极的影响;2011—2013年,指数值呈现上升倾向,这可能是因为深圳市逐渐落实了2008年提出的“打造绿色建筑之都”等政策,各项生态文明建设的法律法规已逐渐对生态环境产生良性影响,使生态可持续发展综合评价指数增大。综合分析表明,虽然城市建设能对生态系统造成不利因素,但是在发展过程中如果能合理规划用地、坚决贯彻落实生态文明理念,城市生态可持续发展能力将大大提高。

3 结论和讨论

3.1 景观破碎程度较大是深圳市生态可持续发展的主要限制因子。景观破碎化程度加剧是深圳市最显著的景观变化特征。深圳近年来发展迅速,直接表现为土地利用的快速转变,这一转变过程迅速的打破了原本简单的、均质和连续的景观整

体^[17]。而高度破碎化的景观斑块严重的破坏了物种生境的完整性,导致生物链和生态结构出现断裂和异变,这使得生态系统在面对人类活动或自然灾害所产生的外部干扰时表现的更加脆弱,从而对城市生物多样性的维持产生威胁。

深圳市未来发展中应更加重视景观破碎化严重的区域,特别是土地利用变化频繁的城市边缘地区,加强城市扩张过程中自然斑块的规避和保护,注重绿色生态网络的建设、增加绿色斑块面积以降低整体景观破碎化程度,引导深圳市健康发展。景观多样化及丰富性是深圳市生态可持续发展的基本保障,在景观异质性不大的城市中心区域,应人为的引进一些绿色斑块,丰富城市景观多样性,避免核心区景观同质化发展。同时,积极实施生物多样性保育,合理规划和建设各类保护区,打造贯通性的城市森林生态廊道,控制外来物种,使深圳生态系统、物种和遗传多样性得到有效保护。

3.2 深圳市绿地平均核心斑块面积、最大斑块指数都有一定的减小趋势。绿色空间是城市景观中至关重要的组成部分,也是提升城市生活质量水平的关键要素。对于深圳市而言,应以创建国家森林城市为契机,将森林、湿地等作为城市生态功能核心,严格控制绿地单元,最大程度提升水系网络与农林用地的生态效益。一方面保护好深圳市现有湿地和水系不被破坏,建设绿色生态水网和恢复滨海湿地,提升深圳市湿地生态功能,注重滨海特色红树林湿地、鸟类栖息地、水道河涌等的生态恢复;另一方面通过实施森林精准提升、绿色福利空间等工程,提高深圳市森林资源质量,加强城乡绿色基础设施建设,对全市的生态用地进行有效挖潜,全面提高城市生态环境承载能力。

3.3 深圳市景观斑块形状较为简单,建设用地始终占据城市景观中的主导地位,城市建筑高度聚集,保持一定的向外扩张态势;深圳市非建设用地景观优势度呈现出下降趋势、分割度呈增高趋势。土地是城市发展的基础,在建设用地占据主导地位的深圳市,应更加重视用地质量优化与现有发展格局优化两个层面,合理规划城市用地用地布局,防止城市建设的无序蔓延及扩张。通过增加城市地上空间的立体利用,开发城市地下空间潜力、优化产业结构、转变土地供给机制等措

施,逐步加强城市土地集约利用水平,提高土地利用效率与质量,促进深圳市可持续发展生态基础的进一步提升。

3.4 针对深圳市“山、水、城、海”的生态景观格局,结合深圳市城市发展总体规划,全面整合山地森林、湿地水网、城区绿地、社区森林等多种模式,建立山地森林为主,湿地水网相辅,山体与河流生态廊道相连,城区、山区、平原一体的城市森林生态网络体系,实现深圳市生态资源空间布局上的均衡、合理配置。

深圳市在地理位置、社会环境等多个层面均具有优越的区位条件,丰富的自然资源及雄厚的科技实力使其在各方面已成为行业先导。然而,深圳市发展中也存在一定问题,土地、水资源等基础性资源日益紧约,城市生态空间不平衡,景观破碎化程度较大,森林和公园分布不均,大型森林组团和绿色廊道各自独立,系统性和连通性不强,生物栖息地呈孤岛化,缺少通透性,绿地可达性较差等,对深圳市生态可持续发展形成制约。在未来发展中,深圳市应更加注重生态环境的建设,使生态可持续发展水平得到稳健提高。

参考文献

- [1] 李秉成.中国城市生态环境问题及可持续发展[J].干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 1-6.
- [2] 杨士弘, 郭恒亮. 城市生态环境可持续发展评价探讨[J].华南师范大学学报(自然科学版), 2000(4): 74-83.
- [3] 蒋依依, 王仰麟, 李卫锋, 等.城市可持续发展量度方法探讨——以深圳市为例[J].北京大学学报(自然科学版) 2005, 41(4): 612-621.
- [4] 李永乐, 吴群, 舒帮荣, 等. 城市化与城市土地利用结构的相关研究[J].中国人口·资源与环境, 2013, 23(4): 104-110.
- [5] 曹翊坤, 付梅臣, 谢苗苗, 等. 基于LSMM与MSPA的深圳市绿色景观连通性研究[J].生态学报, 2015, 35(2): 526-536.
- [6] 喻文科.深圳市近海海洋环境质量与海洋功能区划一致性研究[D].长沙: 湖南农业大学, 2013.
- [7] ESCOBEDO F J, WAGNER J E, NOWAK D J. Analyzing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using urban forests to improve air quality[J].Journal of Environmental Management, 2008, 86: 148-157.
- [8] 姚先铭, 康文星.广州市城市森林社会服务功能价值及其评估[J].湖南林业科技, 2007, 34(3): 1-5.
- [9] 戴全厚, 刘国彬, 刘明义, 等.小流域生态经济系统可持续发展评价——以东北低山丘陵区黑牛河小流域为例[J].地理学报, 2005, 60(2): 209-218.
- [10] 赵杰.浅析区域循环经济发展水平综合评价指标权重确定的方法[J].区域经济, 2007(8): 230-231.
- [11] 刘大海, 宫伟, 邢文秀, 等.基于AHP—熵权法的海岛海岸带脆弱性评价指标权重综合确定方法[J].海洋环境科学, 2015, 34(3): 462-467.
- [12] 郝洋, 梁秀娟, 孟凡傲, 等.基于AHP—熵权法的地下水水质模糊综合评价——以白城市为例[J].节水灌溉, 2016(6): 51-54, 58.
- [13] 王俊林, 谭荣建.基于AHP—熵权物元评价模型的土地整理综合评价效益评价[J].浙江农业科学, 2017, 58(2): 316-319; 322.
- [14] 毛齐正, 马克明, 邬建国, 等.城市生物多样性分布格局研究进展[J].生态学报, 2013, 33(4): 1051-1064.
- [15] 彭冲, 陈乐一, 韩峰.新型城镇化与土地集约利用的时空演变及关系[J].地理研究, 2014, 33(11): 2005-2020.
- [16] 吴琼, 王如松, 李宏卿.生态城市指标体系与评价方法[J].生态学报, 2005, 25(8): 2090-2095.
- [17] 由畅, 周永斌, 于丽芬.景观破碎化数量分析方法概述[J].中国农学通报, 2006, 22(5): 146-151.