

基于RS和GIS的马鞍山市分区 城市森林景观格局综合评价

王 原¹ 吴泽民² 张 浩¹ 赵 霞²

(1 复旦大学环境科学与工程系 2 安徽农业大学林学与园林学院)

摘要: 该文在RS与GIS技术支持下,运用景观生态学的原理和方法,基于2003年QuickBird遥感影像资料,研究了马鞍山市建成区63.08 km²的城市森林景观格局特征。通过选取该市的3个行政区域,对其城市森林景观格局进行分析比较,并在此基础上选取城市森林覆盖率、斑块密度指数、分离度指数、景观多样性指数以及斑块形状指数,分别采用标准离差法、熵权法和CRITIC法3种客观赋权的方法,对3个区域的城市森林景观展开综合评价,为城市森林景观生态综合评价提供参考。3种评价方法结果均表明,雨山区的城市森林景观格局最优,其次为花山区和金家庄区。

关键词: GIS; 景观生态学; 城市森林; 景观格局; 综合评价; 马鞍山市

中图分类号: Q149 文献标识码: A 文章编号: 1000-1522(2008)04-0046-07

WANG Yuan¹; WU Ze-min²; ZHANG Hao¹; ZHAO Xia². **Landscape pattern analysis and comprehensive assessment of urban forest in the three districts of Maanshan City based on RS and GIS.** *Journal of Beijing Forestry University* (2008) **30**(4) 46-52 [Ch, 19 ref.]

1 Environmental & Engineering Department of Fudan University, Shanghai, 200433, P. R. China;

2 School of Forestry & Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei, 230036, P. R. China.

Based on the theory and method of landscape ecology and QuickBird satellite images, an integrated approach of GIS/RS was employed to analyze the urban forest landscape pattern of Maanshan City. The study area consisted of three districts, which cover the whole build-up area with 63.08 km². The landscape pattern of urban forest in the three districts were analyzed and compared by five landscape metrics, including urban forest cover percentage, patch density index, isolation index, landscape diversity index and patch shape index. Sandard deviation, entropy weight and CRITIC methods were applied for comprehensive assessment of urban forest landscape pattern. The three methods show the same sequence of the urban forest landscape pattern: Yushan District> Huashan District> Jinjiazhuang District. The results are helpful for optimizing the urban forest pattern at landscape level.

Key words GIS; landscape ecology; urban forest; landscape pattern; comprehensive assessment; Maanshan City

城市绿化是城市环境建设的重要方面。随着城市的发展,我国的城市绿化建设进入了一个快速发展阶段,但从总体水平来看,我国与发达国家仍有明显差距,城市森林的覆盖率、人均拥有绿地面积、城市(尤其是大城市)中大面积连片的绿地量、城市生物多样性等水平都比较低。因此,越来越多的人对

城市森林表示关注,城市森林成为我国城市绿化建设中的重要内容。近年来,我国积极发展城市森林,一些城市还提出建设“森林城市”的目标。

城市森林是城市景观中的一个重要元素,其种类、结构、分布同样受到城市地理、形态、经济水平以及经营管理的影响,同时在改善城市环境、提高城市

收稿日期: 2007-04-26

<http://www.bjfujournal.cn>, <http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A06)。

第一作者:王原,博士生。主要研究方向:城市生态规划和城市林业。电话:021-55664052 Email:oneyuan1216@gmail.com 地址:200433 上海市邯郸路220号复旦大学城市生态规划与设计研究中心。

责任作者:吴泽民,教授,博士生导师。主要研究方向:森林生态和城市林业。电话:0551-2826168 Email:wuzemin@mail.hf.ah.cn 地址:230036 合肥市长江西路130号安徽农业大学85信箱。

居住质量上发挥着不可替代的作用^[1-3]。目前对城市森林的研究多数在生态系统的水平上,着重结构、功能与效益等方面,如美国芝加哥^[4]及萨克拉曼多城市森林的气候效应研究^[5]、北京市城市森林结构及其缓解大气污染的效益研究^[6]、合肥城市森林结构和生态效益^[7-8]以及沈阳城市森林生态系统研究^[9]等。然而,由于受到人类的强烈干扰,城市森林景观表现为规模的破碎性、空间布局的梯度性和异质性以及能量流动的复杂性等特点,不同区域城市森林分异特征明显,景观系统优劣程度差异很大。近年来一些学者从景观生态学的角度,对城市森林的空间格局展开研究,如北京东灵山景观格局及破碎度评价^[10]、余杭市森林景观格局研究^[11]、合肥市区城市森林景观格局研究^[12]、乌鲁木齐市城市绿地景观空间分布特征研究^[13]等。因此,为了进一步优化城市森林的景观格局,充分发挥其生态效益和游憩效益,科学指导城市森林的建设和管理,从景观的尺度上,基于量化的景观格局指数建立相应的综合评价指标体系,选择合理的评价方法,开展城市森林结构评价研究,显得尤为重要。

本文以马鞍山市为例,选用高分辨率的 QuickBird 卫星影像图,在 ArcGIS 软件的支持下,对马鞍山市建成区内 3 个行政区的城市森林景观斑块进行分析;在此基础上选取具有代表性的景观指数,运用 3 种客观赋权的方法进行综合评价和比较。研究结果可为城市森林指标体系的建立提供参考,同时也为探讨长江典型沿江工业城市的城市森林结构、整体布局以及环境功能优化提供理论依据。

1 研究区概况

马鞍山市位于安徽省东部,属北亚热带季风型湿润气候。地带性植被为亚热带常绿阔叶与落叶阔叶混交林。马鞍山市是我国十大钢铁工业基地之一、安徽省重要的工业和港口城市、国家园林城市。地理位置为 118°24'30"~118°41'23"E,31°36'38"~31°46'54"N;西临长江,东接丘陵,低丘与长江之间是狭长的阶地和河漫滩;建成区范围内间断分布着一些山丘,形成了“九峰环一湖,翠螺出大江”的秀丽自然景观。

为了重点探讨城市人居生态林的空间格局,结合遥感数据源的范围,本文研究范围为马鞍山建成区,面积为 63.08 km²,由金家庄区、雨山区和花山区构成。

2 研究方法

2.1 遥感数据获取与处理

遥感数据主要为马鞍山建成区范围内 QuickBird 全色波段正射遥感影像图(成像时间为

2003 年 7 月 3 日,分辨率为 0.61 m),以及同时期的 Landsat TM 遥感影像图和数字化地形图。遥感解译采用人机交互解译的方法,并应用手持式 GPS 进行不同地类的验证。经检验,分类精度为 88.3%,Kappa 系数为 0.75,精度满足后续工作的需要。

2.2 景观构成分类

本文中景观类型的划分以我国土地利用现状分类系统为依据。根据研究区域的特点,采用城市森林的结构研究模式将马鞍山市的景观类型划分为:建筑用地、道路、城市森林、一般绿地、农田和水面 6 大类^[7,12]。本文将树冠覆盖率在 30% 以上的片状绿地定义为城市森林(斑块),树冠覆盖率在 30% 以下的为一般绿地;道路属于硬质铺装地面,但廊道景观则单独归类;农田主要是指分布在城区边缘的菜田和水田等,是城市发展过程中残留的农业用地;水体包括湖泊、水塘、面积较大的鱼塘以及河道。另外,城市森林根据不同面积大小,可分为:小型城市森林斑块(250~500 m²)、中型城市森林斑块(500~2 000 m²)、大型城市森林斑块(2 000~10 000 m²)、特大型城市森林斑块(10 000~50 000 m²)、巨型城市森林斑块(>50 000 m²)^[7,12]。

2.3 景观格局指数计算

运用 ArcGIS 软件建立相关数据库,选取景观要素面积比例、分离度指数、多样性指数、斑块密度指数、斑块形状指数以及景观要素优势度等景观指数^[14-16],具体计算公式和生态意义见表 1。

2.4 城市森林景观格局的综合评价

城市森林景观格局综合评价实际上是对景观指数特征进行分析与综合,是一个多目标决策问题。多指标综合评价问题关键在于如何合理确定各个指标的权重。确定权重的方法主要有两大类:一类是主观赋权法,如 Delphi 法、专家评分法、层次分析法等;另一类是客观赋权法,如熵权法、标准离差法、CRITIC 法、主成分分析法、模糊综合评判法等^[17-18]。各种不同的方法也因其计算方法的不同而使指标的权重大小不同。本文以马鞍山为例就客观权重赋权法中的熵权法、标准离差法和 CRITIC 法进行分析比较,探讨客观赋权法在建立城市森林景观格局评价体系中的应用。

2.4.1 评价指标体系

针对马鞍山市建成区范围内城市森林景观特点,从斑块的数量、规模、连接程度、空间布局等方面,选用城市森林覆盖率、分离度指数、景观多样性指数、斑块密度指数、斑块形状指数等 5 个评价指标,对金家庄区、雨山区、花山区进行城市森林景观格局综合评价。

表 1 主要景观指数生态意义和计算公式
TABLE 1 Ecological significance and calculation formula of landscape metrics

景观指数	生态意义	计算公式
景观要素面积比例	反映某类景观要素的面积占整个区域景观的面积比例	$G_i = \frac{A_i}{A}$ 式中, G_i 为第 i 类景观要素面积比例, A_i 为第 i 类景观要素的总面积, A 为区域景观总面积
分离度指数	反映某一景观要素中不同斑块个体分布的分离程度	$F_i = \frac{1}{2G_i} \sqrt{\frac{n}{A}}$ 式中, F_i 为分离度指数, n 表示景观要素 i 中的斑块总数
景观多样性指数	反映的是景观要素类型的丰富和复杂程度。其测定多考虑不同景观类型在景观中所占面积比例和类型数量	$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$ 式中, H 为景观多样性指数; P_i 是第 i 类景观要素在景观中出现的概率, 用该类型的面积占景观总面积的比例来估算; n 是景观中斑块类型的总数
斑块密度指数	反映某类景观要素斑块空间分布的破碎化程度	$C_i = \frac{n_i}{A_i}$ 式中, C_i 为斑块密度指数, n_i 是第 i 类景观要素的斑块数
斑块形状指数	反映斑块形状的不规则程度	$S_i = 0.25 \times \frac{L_i}{\sqrt{A_i}}$ 式中, S_i 为斑块形状指数, L_i 为第 i 类景观要素斑块的总周长
景观要素优势度	反映景观中某一类要素控制整个景观的程度	$D_i = \frac{1}{4}DP_i + \frac{1}{4}DF_i + \frac{1}{2}DC_i$ 式中, D_i 为景观要素优势度; DP_i 为第 i 类景观要素的相对密度, 即第 i 类景观要素斑块数占总斑块数的比; DF_i 为第 i 类景观要素斑块的相对频度, 即景观网格样点中第 i 类景观要素斑块出现的样点数占总样点数的比; DC_i 为第 i 类景观要素的相对盖度, 即该类景观要素总面积占景观总面积的比

2.4.2 评价方法

1) 熵权法

熵原本是一个热力学概念, 最先由 Shannon 引入信息论。如果某个指标的信息熵越小, 就表明其指标值的变异程度越大, 提供的信息量越大, 在综合评价中所起的作用越大, 则其权重也应越大。指标的信息熵可用下式求得^[18]:

$$E_j = - (\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}$$
$$P_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^m d_{ij}}$$
$$W_j = \frac{1 - E_i}{n - \sum_{j=1}^n E_j}$$

$j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m$

式中, E_j 为第 j 项指标的信息熵; m 为被评价对象的数目, $m = 3$; n 为评价指标数目, $n = 5$; d_{ij} 为第 i 个对象第 j 项指标的标准值; W_j 为第 j 项指标的权重。

2) 标准离差法

标准离差法的计算原理与熵权法相似, 如果某个指标的标准差越大, 就表明其指标值的变异程度越大, 提供的信息量越大, 在综合评价中所起的作用越大, 则其权重也应越大^[18]。

$$W_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{j=1}^n \sigma_j} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

式中, σ_j 为第 j 项指标的标准差。

3) CRITIC 法

CRITIC (criteria importance through intercriteria correlation) 法是由 Diakoulaki 提出的一种客观权重赋权方法。它的基本思路是确定指标的客观权重以两个基本概念为基础。一是对比强度, 它表示了同一个指标各个评价方案之间取值差距的大小, 以标准差的形式表现, 标准差越大各方案之间取值差距越大。二是评价指标之间的冲突性, 指标之间的冲突性是以指标之间的相关性为基础, 如两个指标之间具有较强的正相关, 说明两个指标冲突性较低。指标的客观权重确定就是以对比强度和冲突性来综合衡量的^[19]。

$$C_j = \sigma_j \sum_{t=1}^n (1 - r_{jt})$$
$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}$$

$j = 1, 2, \dots, n (n = 5)$

式中, r_{jt} 为指标 j 和指标 t 的相关系数, C_j 表示第 j 个评价指标所包含的信息量。

通过 3 种客观权重赋权的方法, 分别确定各指标的权重 W_j , 最后计算得出每个区域城市森林景观格局的综合指数 (urban forest landscape structure comprehensive index, UFLS):

$$U = \sum_{j=1}^5 W_j d_j$$

式中, U 为城市森林景观格局综合指数 UFLS, d_j 为第 j 项指标的标准值。

3 结果与分析

3.1 建成区城市森林景观总体特征

马鞍山市的地貌特征比较复杂, 丘陵、河湖、平原镶嵌形成了多样性高、自组织程度较好的城市景观。遥感影像判读结果表明, 研究区范围内建筑用地占整个景观的 63.1%、道路 2.4%, 全部硬质地面达到 65.5%, 成为景观的背景; 城市森林斑块数目为 2 500 块, 总面积 1 112.6 hm^2 , 占整个城市景观的 17.6%; 城市森林的景观要素优势度为 0.48, 仅次于建筑用地(0.57), 表明城市森林与建筑用地的景观优势度接近, 已具有较好的环境控制能力。

此外, 根据城市森林斑块的不同面积分类, 马鞍山城市森林景观多样性为 1.58, 优势度为 0.74, 其中面积大于 5 hm^2 的城市森林面积占总面积的 65.54%, 表明大面积的森林斑块构成了城市森林的

主体。城市森林主要由城市西侧沿江的大面积的森林斑块组成, 多为 20 世纪 50—60 年代营造的林地, 现已成为马鞍山的主要风景资源。这些岛状的城市森林大斑块对城市森林的形成起着关键的作用, 在净化空气、调节气候、维持城市生物多样性等方面发挥着重要作用。

3.2 不同行政区域的城市森林比较

马鞍山市辖 3 区中, 金家庄区的面积最大, 为 2 888.1 hm^2 , 主要是沿江的马鞍山钢铁股份有限公司工业区和连续分布的大片农田; 雨山区位于中心城区, 面积为 2 310.1 hm^2 , 城市森林斑块的土地拥有率相对较高, 有诸如雨山公园这样的大型游憩林; 花山区位于城市东部, 主要为城市居住用地, 面积约为 1 117.2 hm^2 。

3.2.1 各行政区域城市景观总体特征

分析结果表明(表 2): 在 3 个行政区域中, 建筑用地为花山区最高(71.6%), 其次分别为雨山区和金家庄区。其中花山区多为居住用地, 建筑密度较大; 而金家庄区主要为马鞍山钢铁股份有限公司工业区。

表 2 不同区域各景观要素的面积
TABLE 2 Areas of different landscape metrics in three districts

景观要素	金家庄区		雨山区		花山区	
	面积/ hm^2	占总面积比例/%	面积/ hm^2	占总面积比例/%	面积/ hm^2	占总面积比例/%
建筑用地	1 700.1	59.0	1 480.8	64.0	799.5	71.6
城市森林	424.7	14.7	521.3	22.6	166.6	14.9
一般绿地	12.6	0.4	5.1	0.2	7.2	0.6
道路	31.0	1.1	45.2	2.0	77.5	6.9
水面	134.3	4.7	50.7	2.2	63.0	5.6
农田	578.4	20.1	207.0	9.0	3.4	0.4
总计	2 881.1	100.0	2 310.1	100.0	1 117.2	100.0

道路面积比例依然是花山区最高(6.9%), 远高于雨山区和金家庄区。农田景观分布主要集中在金家庄区和雨山区, 分别占 20.1% 和 9%, 花山区内几乎没有农田(仅为 0.4%), 反映了马鞍山城市化东扩方向的特点。水体景观, 3 区相差不大, 其中花山区最高(5.6%)。一般绿地景观面积比例在花山区内最高(0.6%), 金家庄区和雨山区仅为 0.4% 和 0.2%。城市森林景观在雨山区中面积比例最大(22.6%), 其他两个区较为接近, 金家庄区为 14.7%, 花山区为 14.9%。

3 个区域的城市景观多样性指数分别为花山区 1.33、雨山区 1.46、金家庄区 1.63。其差异主要是由于城市不同功能组团的人为干扰驱动差异所产生的。

3.2.2 各行政区域城市森林景观格局比较

3 个区域的城市森林斑块分布见图 1。景观格

局指数分析结果见表 3~4。

金家庄区拥有城市森林斑块 959 个, 是研究区城市森林斑块数的 38.4%, 占金家庄区土地面积的 14.7%, 是 3 个区中城市森林斑块土地拥有面积最小的区。由于该区为马鞍山钢铁股份有限公司所在地, 建厂时绿化预留地少, 虽然经过多年努力, 城市森林整体面积仍较少; 城市森林斑块平均面积为 0.44 hm^2 , 其中大面积的城市森林斑块主要由苗圃、风景林以及防护林构成; 斑块形状指数为 24, 较为规则; 分离度指数比雨山区和花山区都高, 为 0.63, 表明其城市森林斑块间的连接度最低; 斑块密度指数为 2.26 个/ hm^2 , 其破碎化程度处于雨山区和花山区之间; 城市森林景观多样性为 1.56, 仅次于花山区, 其巨型城市森林斑块面积总和为 281.5 hm^2 , 占总面积的 66%。



图1 城市森林斑块分布图

FIGURE 1 The distribution of urban forest landscape metrics

表 3 不同区域城市森林景观特征比较

TABLE 3 The comparison of urban forest landscape features in three districts

	金家庄区	雨山区	花山区
斑块数	959	940	601
总面积/hm ²	424.7	521.3	166.6
城市森林覆盖率/%	14.7	22.6	14.9
斑块平均面积/hm ²	0.44	0.55	0.28
斑块最小面积/hm ²	0.03	0.03	0.03
斑块最大面积/hm ²	126.67	185.08	34.19
斑块形状指数	24	22	26
分离度指数	0.63	0.17	0.23
斑块密度指数(个·hm ⁻²)	2.26	1.80	3.61
多样性指数	1.56	1.26	1.97

表 4 城市森林不同等级尺度斑块的分布比较

TABLE 4 The scale dependent comparison of urban forest patch

斑块尺度等级/m ²	金家庄区		雨山区		花山区	
	面积/hm ²	面积比例/%	面积/hm ²	面积比例/%	面积/hm ²	面积比例/%
小型斑块(< 500)	14.1	4	14.0	3	9.1	5
中型斑块(501~ 2 000)	39.8	9	41.1	8	25.5	15
大型斑块(2 001~ 10 000)	49.6	12	41.6	8	26.3	16
特大型斑块(10 001~ 50 000)	39.7	9	30.0	6	24.2	15
巨大型斑块(> 50 000)	281.5	66	394.5	75	81.5	49

雨山区拥有城市森林斑块 940 个,是研究区城市森林斑块数的 37.6%,占雨山区土地面积的 22.6%,在 3 个区中比例最高,说明雨山区的总体绿化建设力度较大,环境条件较好。此外雨山区平均城市森林斑块面积最大,破碎度最小,连接度最大;该区城市森林的分离度指数和斑块密度指数,均为 3 个区中最低的,分别为 0.17 和 1.80 个/hm²,具有较好的景观格局。巨型和特大型的城市森林斑块面积占到该区城市森林总面积的 81%,其原因主要是该区拥有较多的游憩林和风景林地,如采石矶、西山、九华山、雨山等,因此该区城市森林的景观多样性最低,为 1.26,斑块形状指数也为最低,为 22。

花山区拥有城市森林斑块 601 个,是研究区城

市森林斑块数的 24.0%,占花山区土地面积的 14.9%,城市森林覆盖率较低,与金家庄区相近;城市森林斑块的平均面积最低,为 0.28 hm²;斑块密度指数最高,为 3.61 个/hm²,城市森林破碎化程度最高,其原因主要是该区建筑密度大,存在大量成带状分布的道路林和零散分布的庭院林,且中小面积尺度的道路林和庭院林在该区占有一定比例,因此城市森林景观多样性指数最高,为 1.97。与另外两个区比较,该区缺少风景林地,大面积城市森林斑块主要由游憩林构成,如雨山湖公园、佳山公园、花果山等。此外,该区城市森林受人为干扰最大,斑块形状指数最高,相对其他两个区较复杂,城市森林的生态边缘效益明显,游憩林的可达性较好。

3.3 各行政区域城市森林景观格局综合评价

3.3.1 原始数据的标准化处理

由于原始数据量纲不同, 为了便于比较分析, 将各指标的实际观测值转化为无量纲的标准, 根据以下公式对原始数据进行处理, 得到各数据的标准值(见表 5)。

$$x'_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

正向关系评价指标为城市森林覆盖率(x_1)、城

市森林景观多样性指数(x_4)和城市森林斑块形状指数(x_5)。

$$x'_j = \frac{x_{\max} - x_j}{x_{\max} - x_{\min}}$$

负向关系评价指标为城市森林斑块密度指数(x_2)和城市森林分离度指数(x_3)。

3.3.2 各指标权重的确定

根据 3 种客观赋权的计算方法, 得出各指标的权重值(见表 6)。

表 5 不同区域城市森林景观评价指标值和标准值

TABLE 5 The evaluating index and nomnal index of urban forest landscape in three districts

区域	城市森林覆盖率 x_1	城市森林斑块密度指数 x_2	城市森林分离度指数 x_3	城市森林景观多样性指数 x_4	城市森林斑块形状指数 x_5
金家庄区	0.147 0.00	2.26/0.75	0.63/0.00	1.56/0.42	24/0.50
雨山区	0.226/1.00	1.80/1.00	0.17/1.00	1.26/0.00	22/0.00
花山区	0.149/0.11	3.61/0.00	0.23/0.87	1.97/1.00	26/1.00

注:/ 左边数值为评价指标值, 右边数值为标准值。

表 6 3 种评价方法的计算结果

TABLE 6 The calculation results of three assessment methods

指标	熵权法		标准离差法		CRITIC 法	
	E_j	W_j	σ_j	W_j	C_j	W_j
x_1	0.29	0.31	0.55	0.21	0.63	0.15
x_2	0.62	0.16	0.52	0.20	0.66	0.16
x_3	0.63	0.16	0.54	0.21	1.65	0.40
x_4	0.56	0.19	0.50	0.19	0.62	0.15
x_5	0.59	0.18	0.50	0.19	0.57	0.14

熵权法的权重排序为: $x_1(0.31) > x_4(0.19) > x_5(0.18) > x_2(0.16), x_3(0.16)$; 标准离差法的权重排序为: $x_1(0.21), x_3(0.21) > x_2(0.20) > x_4(0.19), x_5(0.19)$; CRITIC 法的权重排序为: $x_3(0.40) > x_2(0.16) > x_1(0.15), x_4(0.15) > x_5(0.14)$ 。

3.3.3 综合评价结果分析

综合评价结果表明(见表 7), 3 种评价方法的结果相同, 雨山区分值最高, 其次为花山区, 金家庄区最低。

表 7 3 种方法对各区域的综合评价和排序

TABLE 7 The order of assessment values for three different methods

区域	熵权法		标准离差法		CRITIC 法	
	UFLS	排序	UFLS	排序	UFLS	排序
金家庄区	0.29	3	0.33	3	0.25	3
雨山区	0.63	1	0.62	1	0.71	1
花山区	0.54	2	0.59	2	0.65	2

此结果很好地说明, 雨山区城市森林景观斑块结构与布局比较合理, 城市森林景观综合状况最佳; 花山区的城市森林斑块结构与布局的合理性相对较差, 但其城市森林景观多样性较高, 各个尺度的森林斑块分布均匀, 城市森林边缘效益明显; 金家庄区城市森林覆盖率最低, 且斑块间连接度低, 空间分离度最高, 城市森林对整个景观的控制力相对较低, 因而

其综合评价结果最低。然而, 从马鞍山市整体情况上看, 城市森林斑块的结构及分布还是比较理想的, 城市森林景观格局综合状况比较好。

4 结论与讨论

1) 马鞍山市建成区主要景观要素有 6 类, 建筑用地占总面积的 63.1%, 是景观的基质; 城市森林占到 17.6%, 其景观要素优势度为 0.48, 仅次于建筑用地(0.57), 表明城市森林已具有较高的环境控制能力。

2) 3 个区域中, 斑块数目最多的为城市森林景观, 且主要由面积大于 1 hm^2 的大型斑块和巨型斑块构成。雨山区城市森林景观斑块规模普遍较大, 斑块的土地拥有率高, 各种面积尺度的森林斑块景观所占面积比较均匀, 风景林地和游憩林是该区城市森林的主体, 其面积、斑块数量均最大; 花山区城市森林破碎化程度较高, 斑块的土地拥有率也相对较低, 但整体分布较好; 金家庄区由于马鞍山钢铁股份有限公司工业区的存在, 不同尺度类型城市森林空间格局差异较大, 分离度也相对较高。

3) 本文从景观的尺度, 展开城市森林格局的综合评价。3 种评价方法的结果均表明, 雨山区城市

森林景观格局综合状况最佳,其次为花山区,金家庄区名列最后。本研究为区域景观生态和城市森林综合评价提供了一定的参考,为城市森林的格局优化和管理提供依据。

4) 通过对3种客观权重法的计算结果进行比较分析发现,熵权法和标准离差法的计算结果较为接近。各区域的排序在3种计算方法中都一样,但是采用CRITIC法虽然对各区域排序不变,然而计算出的城市森林覆盖率指标的客观权重相对较小,这是由于CRITIC法不仅考虑了指标变异大小对权重的影响,还考虑了各指标之间的冲突性,在标准差一定时,指标间冲突性越小,权重也越小。在后续的研究过程中,将进一步对主观赋权的方法进行探讨,诸如基于专家赋值的层次分析法等,综合主观和客观的评价方法,构建城市森林多目标多等级的综合评价体系。

5) 今后的城市森林建设应重点结合城市改造,在中心城区适当增加城市森林斑块,在城市发展过程中应对目前在城区内保留的农业用地的转化作出合理的规划,尽量增加城市森林面积,特别在城南近郊的开发区;加强马鞍山钢铁股份有限公司厂区的城市森林建设力度,优化金家庄区城市森林景观格局;结合道路绿化和河岸绿化,加强城市森林廊道建设,提升森林斑块间的连接度,构建马鞍山城市森林网络;重点建设沿江风景林带,为居民提供更多的沿江游憩空间,彰显马鞍山滨江城市特色。

参 考 文 献

- [1] MILLER R W. *Urban forestry: Planning and managing urban green spaces*[M]. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- [2] NOWAK D J. Understanding the structure of urban forest[J]. *Journal of Forestry*, 1994, 92(10): 42-46.
- [3] 王成, 彭镇华, 陶康华. 中国城市森林的特点及发展思考[J]. *生态学杂志*, 2004, 23(3): 88-92.
WANG C, PENG Z H, TAO K H. Characteristics and development of urban forest in China[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(3): 88-92.
- [4] MCPHERSON E G, NOWAK D J, HEISLER G, *et al.* Quantifying urban forest structure, function, and value: The Chicago Urban Forest Climate Project[J]. *Urban Ecosystem*, 1997, 1: 49-61.
- [5] MCPHERSON E G. Structure and sustainability of Sacramento's urban forestry[J]. *Journal of Arboriculture*, 1998, 24: 174-189.
- [6] YANG J, MCBRIDE J R, ZHOU J X, *et al.* The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction[J]. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2005, 3: 65-78.
- [7] 吴泽民, 黄成林, 白林波, 等. 合肥城市森林结构分析[J]. *林业科学*, 2002, 38(4): 7-13.
WU Z M, HUAN C L, BAI L B, *et al.* Urban forest structure of Hefei City[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2002, 38(4): 7-13.
- [8] 吴泽民, MCBRIDE J R, NOWAK D J, 等. 合肥城市森林减少大气污染的效果[J]. *中国城市林业*, 2003, 1(1): 39-43.
WU Z M, MCBRIDE J R, NOWAK D J, *et al.* Effect of urban forest on air pollution in Hefei City[J]. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 2003, 1(1): 39-43.
- [9] 胡志斌, 何兴元, 陈玮, 等. 沈阳市城市森林结构与效益分析[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(12): 2 108-2 112.
HU Z B, HE X Y, CHEN W, *et al.* Structure and ecological benefits of urban forest in Shenyang built up area[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(12): 2 108-2 112.
- [10] 马克明, 傅伯杰. 北京东灵山地区景观格局及破碎化评价[J]. *植物生态学报*, 2000, 24(3): 320-326.
MA K M, FU B J. Landscape pattern and fragmentation in Donglingshan montane region[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24(3): 320-326.
- [11] 张涛, 李惠敏, 韦东, 等. 城市化过程中余杭市森林景观空间格局的研究[J]. *复旦大学学报*, 2002, 41(1): 83-88.
ZHANG T, LI H M, WEI D, *et al.* A landscape ecological analysis of forests at different levels of urbanization in Yuhang, Zhejiang Province[J]. *Journal of Fudan University*, 2002, 41(1): 83-88.
- [12] 吴泽民, 吴文友, 高健, 等. 合肥市区城市森林景观格局分析[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(12): 2 117-2 122.
WU Z M, WU W Y, GAO J, *et al.* Analysis of urban forest landscape pattern in Hefei[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(12): 2 117-2 122.
- [13] 刘萍, 范文涛, 李园园. 乌鲁木齐市城市绿地景观结构特征研究[J]. *北京林业大学学报*, 2007, 29(6): 93-98.
LIU P, FAN W T, LI Y Y. Urban greenland landscape structure in Urumchi City, northwestern China[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2007, 29(6): 93-98.
- [14] FORMAN R T T. *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [15] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
WU J G. *Landscape ecology, pattern, process, scale and hierarchy*[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [16] 郭晋平. 森林景观生态研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
GUO J P. *Study on forest landscape*[M]. Beijing: Beijing University Press, 2001.
- [17] 肖荣波, 周志翔, 王鹏程, 等. 武钢工业区绿地景观格局分析及综合评价[J]. *生态学报*, 2004, 24(9): 1 924-1 930.
XIAO R B, ZHOU Z X, WANG P C, *et al.* Landscape pattern analysis and comprehensive assessment of greenbelt in Wuhan steel and iron industrial district[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1 924-1 930.
- [18] 陈衍泰, 陈国宏, 李美娟. 综合评价方法分类及研究进展[J]. *管理科学学报*, 2004, 7(2): 69-79.
CHEN Y T, CHEN G H, LI M J. Classification & research advancement of comprehensive evaluation methods[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 7(2): 69-79.
- [19] DIAKOULAKI D, MAVROTAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method[J]. *Computer Ops Res*, 1995, 22: 763-770.

(责任编辑 冯秀兰)