

# 南京仙林新市区景观生态质量变化研究

安 静, 刘红玉, 郝敬锋, 胡和兵

(南京师范大学 地理科学学院, 南京 210046)

**摘 要:**城市化对生态环境的影响日益显著,探讨城市景观格局变化对生态质量产生的影响成为重要的基础性问题之一。选取南京仙林新市区为研究案例,在理解与认识研究区域景观结构和格局特征的基础上,综合考虑景观干扰和稳定性,构建景观生态质量评价模型,利用 RS 和 GIS 技术构建各指标空间分异图来揭示城市化影响下景观生态质量时空变化特征。结果表明:(1)2003—2009 年间,研究区景观干扰程度日益加大,干扰程度处于 4 级和 5 级的面积增加 89.34%,景观空间异质性分异明显;(2)受城市化影响,景观稳定程度降低,稳定程度处于 4 级和 5 级的面积减少 83.11%;(3)研究区景观生态质量总体呈降低趋势,景观生态质量处于 4 级和 5 级的面积减少 82.25%,并且随着城市化影响强度加大,其景观生态质量降低程度更加明显。

**关键词:**景观生态质量;评价;南京仙林新市区

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0231-05

## Study on the Change of Landscape Ecological Quality in Xianlin New City of Nanjing

AN Jing, LIU Hong-yu, HAO Jing-feng, HU He-bing

(School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** The impact of urbanization on ecological environment is increasingly significant. Discussion on the impact of urban landscape pattern changes on ecological quality becomes one of the most important and fundamental issues. This paper focuses on understanding landscape structure and pattern impact on landscape ecological quality in Nanjing Xianlin New City and a landscape structure-based model integrating stabilization degree and disturbance degree of landscape ecosystem is established. Based on RS and GIS technology, the spatial difference image of each index is constructed to analyze the pattern of landscape ecological quality and their changes at temporal and spatial scale in the context of rapid urbanization in the study area. Evaluation results showed that the disturbance degree increased during 2003 and 2009, the area of level 4 and 5 was increased by 89.34%, and with obvious spatial heterogeneity; and the stabilization degree seriously declined because of rapid urbanization, with a loss of 83.11% of level 4 and 5; as results, the landscape ecological quality became worse than before, the area of level 4 and 5 was decreased by 82.25%, and the declined degree may become more significant in pace with urbanization. Research on evaluation of landscape ecological quality has important meaning for land ecological management and sustainable land use.

**Key words:** landscape ecological quality; evaluation; Xianlin New City of Nanjing

城市化是全球社会、经济发展的必然趋势,对促进社会、经济发展,提高人们生活质量和城市文明水平具有重要作用。然而,随着城市化发展,原有景观结构和格局发生巨大改变。尤其是建筑(非廊道性质)和道路等景观面积不断扩张,绿地系统、湿地等自

然景观类型面积不断减少<sup>[1]</sup>,其结果往往增加了各种自然景观破碎度和隔离度,从而对生态环境和生态质量产生巨大影响<sup>[2-3]</sup>。

景观生态质量(LEQ, Landscape Ecological Quality)是指景观尺度生态系统维持自身结构与功

收稿日期:2011-09-04

修回日期:2011-10-19

资助项目:国家自然科学基金(40871084);江苏省普通高校自然科学研究资助项目(10KJA170029);青蓝工程项目(184080H10240)

作者简介:安静(1987—),女,安徽滁州人,硕士研究生,主要从事城市景观生态研究。E-mail:anjing8879@163.com

通信作者:刘红玉(1963—),女,黑龙江密山人,教授,博士生导师,主要从事景观生态研究。E-mail:liuhongyu@njnu.edu.cn

能稳定性的能力,其衡量标准主要是景观生态系统的稳定性<sup>[4]</sup>。近年来,随着城市化对区域景观结构影响的日益增加,城市景观生态质量研究越来越受到重视,成为当前景观生态研究的一个热点<sup>[5-7]</sup>。如胡忠行和李锋等对城市绿地景观系统进行质量评估<sup>[8-9]</sup>;孟伟等从城市多种土地利用角度、对景观质量进行综合评估等<sup>[10]</sup>,研究内容向综合化方向发展。与此同时,景观生态质量的评估方法也呈多样性,并且处于积极探讨过程中。本文基于对区域景观结构特征的理解与认识,通过建立景观生态评估模型,并且利用 GIS 技术实现其空间化研究,为城市景观规划、建设提供科学参考。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

南京仙林新市区(32.059°—32.147°N, 118.867°—119.013°E)位于南京东北部,紫金山东麓,北抵 312 国道,南达沪宁高速公路,东西分别以七乡河和绕城公路为界,面积为 84.59 km<sup>2</sup>。近年来,受到南京市中心经济的辐射作用,该区自 2003 年开始建设大学城。短短几年,快速城市化发展得到迅速蔓延。目前,该区景观已经从农村景观逐渐转变为城市景观。土地利用类型发生巨大变化。道路网络十分发达,居民用地、商业用地以及高校建设用地占据优势地位,林地、草地和湿地等原有类型面积不断减少。据南京市政府的统计,目前该区人口高达 24 万,并且不断增大,预计到 2050 年人口将达到 50 万。区域土地利用类型的改变必然使其景观结构发生变化,从而对景观生态质量产生影响。

### 1.2 研究方法

1.2.1 基础数据来源和处理 采用 2003 年和 2009 年两期 Quick Bird(分辨率为 0.61 m)影像为基础信息源,经过几何校正、图像处理,建立遥感解译标志并对遥感信息资料进行判译。图像解译在 ArcGIS 9.2 中完成。由于对研究区自然环境和土地利用现状比较熟悉,大大提高了解译精度,使得各种景观类型野外验证精度达到 91% 以上。参照建设部 1991 年颁布的《国家标准 GBJ137-905 城市用地与规划建设用地标准》中的城市用地分类体系,再根据研究区的具体特征,将研究区景观分为 10 个类型:自然林地、水塘、草地、河流、耕地、绿地、建筑用地、道路、养殖塘和未利用地。

1.2.2 景观生态质量评价指标选取 景观生态质量变化主要取决于两方面因素,一是人类对景观结构的干扰;二是景观维持稳定性的程度<sup>[11]</sup>。根据研究区

域特征,选择能够反映人类对景观干扰的指标包括三个:景观破碎度指数、建筑用地干扰指数和道路密度指数。这三个指数的生态意义在于自然景观破碎成形状不同、大小各异的斑块,导致了生态系统内部生境面积变小、阻碍能量流动和物质循环,造成物种丧失<sup>[11-13]</sup>;建筑用地兴起导致了原始土地结构破坏,以及释放出的“三废”也对环境造成破坏;道路的存在,阻隔了原有的物种交流,阻碍了物种迁移和能量流动,而且道路上汽车尾气的排放也污染了环境。另外,构建能够反映景观稳定性的指标三个:高功能景观多度指数、湿地密度指数和土地利用结构指数。它们的生态意义为:高功能组分指的是对生态环境有积极作用的景观类型,本文包括自然林地、河流、水塘、绿地、草地 5 种。

研究区湿地数量众多,生态功能不能忽视,其对调节气候、沉积净化和丰富物种有重要作用;区域景观是由各种土地利用类型根据一定的结构配置而得,结构合理可以使得区域景观生态质量提高。本文根据前人的研究<sup>[4]</sup>,利用公式得到各指标的计算方法,并利用层次分析法(AHP)确定各指标权重,详见表 1。

1.2.3 各指标数据处理 由于各指标系数纲、性质不同<sup>[14]</sup>。因此,所有的数据都需先经过无量纲化预处理过程,采用以下方法:对于越大越安全的指标(包括高功能景观多度指数、湿地密度指数、土地利用结构指数)通过公式(1)来计算;对于越小越安全的指标(包括景观破碎度指数、建设用地干扰度指数、道路密度指数)通过公式(2)来计算。

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

式中: $x_{ij}$ ——实测值; $r_{ij}$ ——标准化后的数值; $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$ ——最大值、最小值。

1.2.4 景观生态质量评价模型的建立 城市景观生态质量的评价主要从两个方面来看,即受到外界环境的干扰程度以及自身的稳定程度。确定景观生态质量的评价模型如下:

$$LEQ = 0.5D_i + 0.5S_i \quad (3)$$

式中:LEQ——景观生态质量评价模型; $D_i$ ——受干扰程度的评价子模型; $S_i$ ——景观稳定程度的评价子模型; $i$ ——空间采样单元。

1.2.5 空间数据的处理和量化 将两期遥感影像进行网格化(1 km×1 km)处理,并计算出每个小栅格的各指标数值,再进行插值运算,将干扰程度和稳定

程度的各自三个指标根据所设置的权重进行 GIS 空间叠加,根据等间距空间分级方法对景观生态质量进行分级(见表 2),此方法作为一个简单便于理解的分

类方法,被众多学者广泛应用于生态安全评价、景观生态健康评价的研究中<sup>[15-16]</sup>,适用于同类研究比较,

同样适合景观生态质量评价。分别得到受干扰程度和稳定程度的空间分异图(见图 1—2)。根据景观生态质量模型,将受干扰程度评价子模型和稳定程度评价子模型进行空间叠加,根据等距离空间分级方法,得到景观生态质量空间分异图(图 3)。

表 1 景观生态质量评价指标体系

指标		权重	公式	说明
压力程度	景观破碎度指数	0.28	$D_1 = \frac{N_p}{N_c}$	式中: $D_1$ ——景观破碎度指数; $N_c$ ——景观单元各类斑块总数; $N_p$ ——研究区最小的斑块面积去除总面积的值。( $N_c$ 包括水塘、自然林地、绿地、草地、河流和耕地)
	建筑用地干扰度	0.52	$D_2 = \frac{\beta_2}{A}$	式中: $D_2$ ——建设用地干扰度; $\beta_2$ 景观单元中除道路外的建筑用地总面积; $A$ ——景观评价单元总面积
	道路密度	0.20	$D_3 = \frac{\beta_3}{A}$	式中: $D_3$ ——道路密度; $\beta_3$ ——道路长度; $A$ ——景观评价单元总面积
稳定程度	高功能景观多度指数	0.28	$D_4 = E \times \frac{X_i}{A}$	本文采用观察估计并划分成 5 个级别:1 紧密;2 较紧密;3 稍均匀;4 较均匀;5 均匀。 $D_4$ ——高功能组分景观多度; $E$ ——自然景观斑块在景观单元中分布均匀度; $X_i$ ——高功能景观斑块总面积。
	湿地密度	0.34	$D_5 = \frac{N}{A}$	式中: $D_5$ ——湿地密度指数; $N$ ——斑块个数; $A$ ——景观面积。
	土地利用结构指数	0.38	$D_6 = \sum_{i=1}^4 x_i w_i$	各景观类型的贡献程度:林地取值为 3;草地和绿地取值为 2;耕地和水域取值为 1;建设用地、道路、未利用地和养殖塘取值为 0。各土地利用类型得分为其面积比例与景观生态质量贡献标准的乘积。若某种面积在网格中所占比例大于 60%,那就视为连通斑块,则土地利用类型得分为 100%与贡献标准的乘积。选取前 4 位主要土地利用类型,采用加权求和法计算土地利用类型指数。 $D_6$ ——土地利用结构指数; $x_i$ ——各土地利用类型得分; $w_i$ ——1—4 种土地利用类型权重,为 4 种主要土地利用类型,分别为 0.4、0.3、0.2、0.1

2 结果与分析

2.1 景观干扰及其变化

城市景观所受到的干扰比较复杂,自然和人为因素均可以对城市发展行为特别是组分变化情况产生显著影响,但是人为因素对于城市景观变化显然具有支配性作用<sup>[11]</sup>。本文选取景观破碎度指数、建筑用地干扰度指数、道路密度三个指标来诠释研究区所受到的干扰状况,通过 GIS 空间插值分析以及空间叠加得到干扰指标空间分异图(见图 1),图中颜色越深表示外界环境对景观生态影响的程度越大。

从图 1 中可以明显看出,2003 年仙鹤片区相对于其他三个区域受干扰程度最深,表明城市化从该区开始,白象和青龙片区大部分区域受干扰程度都在 2 级(较弱)以下水平;由于城市化影响,到了 2009 年仙鹤片区作为大学城的集中地变化最为明显,城市化作用最强,建筑用地和道路面积增加破坏了原有的土地利用方式,区域受干扰程度处于 4 级(较强)以上水平,白象片区和麒麟片区也由以耕地为主导作用的景观变成以建设用地为主导的区域,受干扰程度处于 3 级(一般)以下水平。青龙区域依然以耕地为主导景观,受干扰程度属于 2 级(较弱)以下水平。



图 1 研究区景观干扰指数空间分异图

对景观干扰程度评价结果进一步统计分析发现(表 2),2003 年整个区域受干扰程度达到 5 级(强)的

面积比例为 4.2%,受干扰程度达到 1 级(弱)的区域面积比例为 45.2%,整个区域受到干扰程度不强。

然而到了 2009 年,受干扰程度达到 5(强)的区域面积比例为 9.9%,而集中在 1(弱)、2(较弱)、3(一般)、4(较强)的面积比例较均匀。2003—2009 年期间,受

干扰程度处于 3(一般)及以上的面积比例增加 96.9%。总的来说,研究区受干扰程度增大,各个区域受干扰程度变化不均衡。

表 2 景观指标分级

项目	年份	指数范围				
		弱(1 级)	较弱(2 级)	一般(3 级)	较强(4 级)	强(5 级)
		0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0
干扰程度	2003	38.25/45.20	21.57/25.50	9.38/11.10	11.87/14.00	3.51/4.20
	2009	15.46/18.30	20.29/24.00	19.72/23.30	20.73/24.50	8.39/9.90
稳定程度	2003	0.85/1.00	16.83/19.90	33.56/39.70	17.86/21.10	15.48/18.30
	2009	36.98/43.70	30.17/35.70	11.80/14.00	3.07/3.60	2.56/3.00
景观生态质量	2003	1.87/2.20	10.75/12.90	17.58/21.10	32.97/39.60	20.15/24.20
	2009	15.42/18.20	28.70/33.90	31.05/36.70	8.45/10.00	0.98/1.20

注:表内数字为面积(km<sup>2</sup>)/比例(%)

## 2.2 景观稳定性及其变化

生态系统稳定性是生态评价中最重要的指标之一。本文从研究区特征出发,选取了高功能组分景观多度指数、湿地密度指数、土地利用结构指数三个指标来体现研究区景观生态系统的稳定性特征。由于城市化过程影响,2003—2009 年期间景观生态系统的稳定性明显下降。从图 2 中可以看出,2003 年各个片区稳定性都较高,尤其是以白象片区中的自然林地景观稳定性最高,大部分区域稳定性程度处于 3 级(一般)以上水平;仙鹤片区相对其它三个片区稳定性较弱;2009 年各个片区的稳定性较 2003 年明显减弱,其

中稳定性最低的是仙鹤片区和青龙片区,基本处于 2 级(较弱)以下水平,也是变化相对明显的区域。

根据统计数据可以看出,稳定性程度达到 1 级(弱)的区域面积比例增幅巨大,从 2003 年的 1%增加到 2009 年的 43.7%,稳定程度达到 3 级(一般)以上的区域面积比例减少了 74.0%。总的来说,整个景观的稳定性减弱,并且各个区域变化不均衡。高功能组分景观多度减少、湿地密度由于湿地的个数急剧减少而减小,以及基于高功能组分面积减少而导致了土地利用结构指数的减少,这些原因都造成了稳定性的减弱。

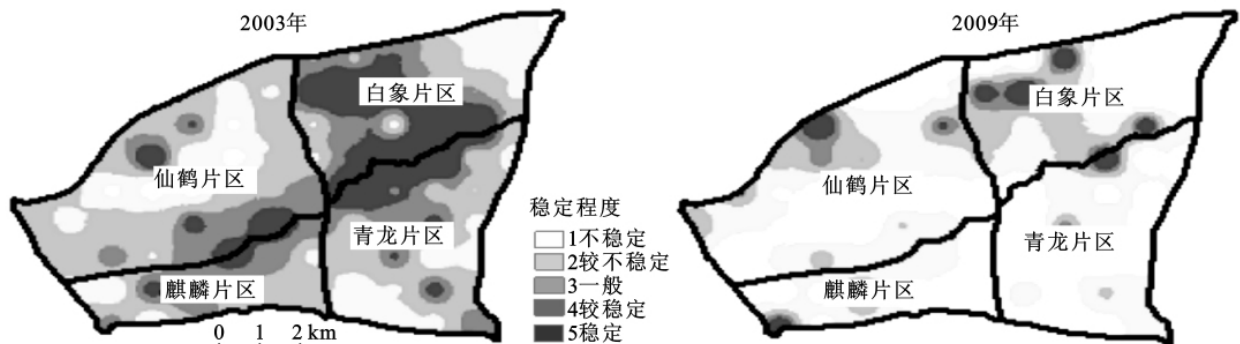


图 2 研究区景观稳定指数空间分异图

## 2.3 景观生态质量及其变化

景观生态质量的综合评价不应仅仅局限于现状的描述,还要反映出区域生态环境的可持续性,即能对未来环境的演变趋势有一定的预测作用<sup>[8]</sup>。通过对研究区两期影像干扰程度以及稳定程度的分析,以及所得到的景观空间分异图,利用 GIS 空间分析得到最终的景观生态质量空间分异图(见图 3)。

根据图 3 从各片区的发展特征来看,2003 年几个片区交界的林地覆盖区景观生态质量最好,相比而言仙鹤片区景观生态质量较差,其他三个区域都处于 3 级(一般)以上水平。到了 2009 年,仙鹤片区景观

生态质量明显降低,仙鹤片区大部分区域处于 2 级(较弱)以下水平,其它三个区域景观生态质量也有所降低,大部分面积都处于 3 级(一般)以下水平。2003—2009 年,景观生态质量水平达到 1 级(弱)的区域面积比例增加 7.3 倍,景观生态质量水平达到 5 级(强)的区域面积比例减少 95%左右。达到 3 级(一般)及以上水平的面积比例从 84.9%减少到 47.9%。总的来说,景观生态质量随着城市化进程而变差。城市化发展越是迅速的地区景观生态质量变化就越明显,如研究区中的仙鹤片区。景观生态质量变化的不均衡在某种程度上是由于城市化发展的不均衡造成的。

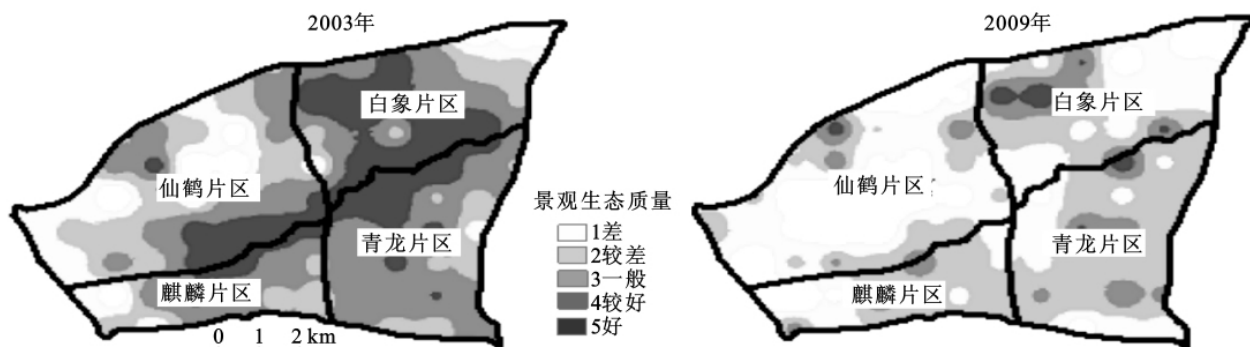


图3 研究区景观生态质量指数空间分异图

### 3 结论

(1) 城市化发展使得区域景观受到严重的干扰,其程度增加趋势明显。2003—2009年,干扰较强和强的级别面积增加了89.34%;干扰弱和较弱的级别面积减少了40.24%。各个片区受到的干扰程度不同,变化程度也不同,城市化发展快的地区表现出干扰程度较大。

(2) 区域景观稳定性程度随着城市化过程不断减少,2003—2009年,稳定较强和强的级别面积减少了83.11%,稳定弱和较弱的级别面积增加了2.8倍。各个片区的景观稳定程度不同,在城市化影响较强的片区稳定性较弱,每个片区受城市化影响稳定性的变化程度也有差异。

(3) 区域景观生态质量总体呈下降的趋势,2003—2009年,景观生态质量达到较好和好的等级面积减少82.25%,景观生态质量达到较差和差的等级面积增加了2.5倍。两期影像所反映的仙鹤片区的景观生态质量都相对较差,空间分异明显。2003—2009年,各片区景观生态质量变化不平衡,每个片区都有各自的变化特征。

#### 参考文献:

- [1] 孜比布拉·司马义,张永福,殷志刚,等. 库尔勒市城市化与土地利用变化关联性分析[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(5): 1025-1029.
- [2] 邬建国. 景观生态学: 概念与理论[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42-52.
- [3] 张利权,吴建平,甄彧. 基于GIS的上海市景观格局梯度分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 78-85.
- [4] 朱永恒,濮励杰,赵春雨. 景观生态质量评价研究: 以吴江市为例[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 182-187.
- [5] 赵清,丁登山,阎传海. 南京幕燕风景名胜景区景观生态评价与规划[J]. 地理科学, 2005, 25(1): 113-118.
- [6] 张明阳,王克林,刘会玉,等. 桂西北典型喀斯特区生态系统服务价值对景观格局变化的响应[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1174-1179.
- [7] 臧淑英,万鲁河,周道玮,等. 黑龙江省二龙山水库流域景观生态评价与规划研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 540-544.
- [8] 胡忠行. 金华市城市绿地规划的景观生态评价及其优化[J]. 浙江师范大学学报, 2005, 28(2): 211-215.
- [9] 李锋,王如松. 城市绿地系统的生态服务功能评价、规划与预测研究: 以扬州市为例[J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1929-1936.
- [10] 孟伟,舒俭民,高吉喜,等. 区域景观生态质量评价研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 487-489.
- [11] Nusser M. Understanding cultural landscape transformation are photographic surveys in Chitral eastern Hindu Kush, Pakistan [J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 57(3/4): 241-255.
- [12] 何念鹏,周道伟,吴冷,等. 人为干扰程度对村级景观破碎度的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(6): 897-899.
- [13] 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.
- [14] 高志强,刘纪远,庄大方. 中国土地资源生态环境质量状况分析[J]. 自然资源学报, 1999, 14(1): 93-96.
- [15] 李玉凤,刘红玉,曹晓,等. 城市湿地公园景观健康空间差异研究: 以杭州西溪湿地公园为例[J]. 地理学报, 2010, 65(11): 1429-1437.
- [16] 喻锋,李晓兵,王宏,等. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 645-653.