

上海市城乡梯度景观格局分析

李俊祥,王玉洁,沈晓虹,宋永昌

(华东师范大学环境科学系 上海,200062)

摘要:利用 2000 年的土地利用数据,在 GIS 的支持下,结合景观格局指数和梯度分析方法,研究了上海市景观结构及其在城市化梯度上的空间特征。结果表明,上海市的景观结构中,农田为优势景观,占整个景观比例的 60%左右,而反映城市化的工业、居住和基础设施景观则占 22%,表明上海的城市化程度已经很高;郊区居住用地比例过大(12.69%),城乡交错带居住区与工业区的高度混合显示上海市的景观结构需要优化,以提高土地利用率。样带上类型水平的景观格局指数分析表明各种景观类型表现出独特的空间特征,明显反映了城市化的梯度和前沿;而景观水平的格局分析则表明城市化导致景观的破碎化程度增大,景观异质性增高;景观格局指数曲线在城市化梯度上呈双峰型,是上海中心城区和浦东新区城市化区域的具体表现。研究结果表明景观格局指数和梯度分析相结合,是检测城市化和城市形态的有力工具。

关键词:梯度分析;景观格局;景观格局指数;城市化;上海

Landscape pattern analysis along an urban-rural gradient in the Shanghai metropolitan region

LI Jun-Xiang, WANG Yu-Jie, SHEN Xiao-Hong, SONG Yong-Chang (Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai, 200062, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1973~1980.

Abstract: Urbanization is one of the most important socio-economic phenomena that profoundly influence modern landscapes. This dramatic form of land transformation results in a number of changes in urban morphology and landscape structure, which further affect the physical, ecological and socioeconomic processes in and around cities. Shanghai, as the biggest and most rapidly developing city in China, is uniquely important in the study of the patterns, processes, and consequences of urbanization.

Based on a land use dataset derived from 1 : 50000 aerial photos, we combined landscape metrics with gradient analysis to quantify the landscape pattern along an urbanization gradient in the Shanghai metropolitan region. Several landscape metrics were computed along a 65km long and 5km wide transect with a moving window. The results showed that agricultural land accounted for 60% of the total area, and was the dominant landscape type. Industrial, residential and public facilities land uses, together indicative of the level of urbanization, accounted for 22% of the total area. The proportion of residential land use in the suburban was as high as 12.69%, and the mixture of high percentages of residential and industrial land uses in the suburban zone suggests that the current landscape structure in the Shanghai metropolitan region may not be optimal.

The spatial pattern of urbanization could be reliably quantified using landscape metrics with a gradient analysis approach. The urbanization center and frontier could be identified precisely with class-level landscape indices. Different landscape types exhibited distinctive spatial signatures along the transect. Landscape fragmentation and heterogeneity induced by the

基金项目:上海市科委重点资助项目(023912064);上海市生态学重点学科资助项目;上海市“十五”生态学重点学科建设资助项目;上海市“211工程”生态学重点学科建设资助项目

收稿日期:2004-06-08;**修订日期:**2004-08-05

作者简介:李俊祥(1969~),男,安徽巢湖人,博士,讲师,主要从事景观生态、城市生态和环境遥感等研究。E-mail: jxli@des.ecnu.edu.cn

Foundation item: Key Program from Shanghai Science & Technology Committee(No. 023912064); Shanghai Priority Academic Discipline and The State's tenth five-year “211 Project”-supported key academic discipline program of ECNU

Received date:2004-06-08;**Accepted date:**2004-08-05

Biography: Li Jun-Xiang, Ph. D., mainly engaged in landscape ecology, urban ecology and remote sensing of environment. E-mail: jxli@des.ecnu.edu.cn

urbanization could be quantified by landscape-level indices. The multiple peaks in the graphs of landscape metrics against the urban-rural gradient corresponded to the urban center and the newly developed Pudong District. The changes in landscape pattern along the transect suggests that landscape metrics combined with gradient analysis are a robust tool to study the spatial pattern of urbanization.

Key words: Gradient analysis; landscape pattern; landscape metrics; urbanization; Shanghai

文章编号:1000-0933(2004)10-1973-08 中图分类号:Q149,TU984 文献标识码:A

据联合国人口署预测,2030 年全世界人口将达到 81 亿,其中 60%的人口将居住在城市地区^[1]。随着世界人口数量的不断增加,城市化将在全球范围,尤其是发展中国家加速进程。城市化是土地转化最直接的表现形式,并深刻地改变一个地区的自然景观,从而对生态系统的结构、功能和动态产生影响^[2],进而对城市地区的自然资源管理、城市规划、生物多样性保护以及居民的生活质量产生影响。理解城市化带来的景观空间变化及其与生态过程之间的关系,以及生态学后果是城市生态学研究的主要内容之一^[3~5]。因此,开展城市景观生态学的研究至关重要。

目前国内对城市化的研究多集中在两个方面:一是城市土地利用/土地覆盖变化及其驱动力分析、城市发展形态等方面^[6~9];二是从景观生态学的角度,分析城市化过程中的景观格局变化及其空间特征^[10~14]。

上海市作为中国的特大型城市,正在经历着快速城市化过程。城市化造成的人口膨胀、土地资源紧缺、环境污染加剧等一系列问题已经危及到上海城市的可持续发展。如何优化土地利用格局,以满足居住、工业和城市绿化的用地需求,城市化导致的城市空间无序扩张对城市生态系统功能的影响及其生态学后果,是上海市迫切需要解决的关键问题之一。景观格局指数是定量分析景观空间动态的主要工具^[15],在景观生态学中广泛应用^[16~19],近年来在城市生态和城市景观研究中发挥着重要作用^[2,20]。

本文利用遥感解译的土地利用资料,在 GIS 的支持下,通过贯穿市中心的景观样带的梯度分析,旨在阐明上海城市景观格局的空间特征以及城市化对景观格局的影响,了解上海城市化过程中的城市景观空间格局和景观组分的定量变化,以期上海城市总体规划和土地利用规划、管理和决策提供参考,同时也为进一步研究城市形态的动态变化、城市化的生态过程和生态后果、以及进行定量模拟等研究打下基础。

1 研究方法 with 数据处理

1.1 数据获取及处理

本研究所用上海景观类型是在上海市土地利用类型的基础上重新分类而成。土地类型参照建设部 1991 年颁布的国家标准《城市用地与规划建设用地标准》(GBJ137-90)中的城市用地分类体系。城市土地利用类型数据是利用 1999 年 12 月~2000 年 3 月拍摄的全上海市 1:50000 彩红外航空遥感相片,在地理信息系统支持下进行目视解译和数字化,得到 20 种土地利用类型,并经过野外实地调查和数据校正,最终建立属性数据与空间数据对应的土地利用类型矢量数据库。为反映城市化状况及便于计算景观格局指数,20 种土地利用类型重新整合为农业、居住、工业、基础设施、道路交通、绿地、水体及其它 8 大类(见表 1)。在 ArcView 软件的空间分析模块(spatial analyst)支持下,将土地利用矢量数据转换为象元大小为 5m×5m 的栅格数据,用 Fragstats(raster version 3.3)软件计算景观格局指数。

1.2 研究方法

为研究城市景观格局与生态过程之间的关系,需要进行空间格局的定量分析。本文采用梯度分析和景观格局分析方法。梯度分析方法最早应用于植被生态学^[21],现被广泛用于调查城市化对植物分布的影响^[4,22]和生态系统特征方面的研究^[23~26,2]。选取一条贯穿上海中心城区,宽 5km、长 65km 的东西向样带(彩版 I),以研究上海城市景观格局在城乡梯度上的变化。景观格局指数计算利用 Fragstats 软件(栅格版本)^[27],在计算景观格局指数时,为减少数据的离散性,采用移动窗口方法,移动步长

表 1 土地利用类型再分类

Table 1 Land use reclassification scheme	
再分类的景观类型 Reclassified landscape type	原土地利用类型 Original land use type
工业景观 Industry	工业用地 Industry
	仓储用地 Warehouse
道路交通景观 Traffic and road	道路广场用地 Road & Square
	铁路用地 Railway
	航空用地 Airport
	港口用地 Harbour
基础设施景观 Public facility	公共建筑用地 Public facility
	其他设施用地
居住景观 Residential	城镇居住用地 Urban and town residential
	农村居住用地 Rural residential
绿地景观 Greenland	林地 Forest
	公园(包括动、植物园)Park including Zoo and arboretum
农业景观 agriculture	草地 grassland
	农田(包括苗圃) Farmland including seedling nursery
	园地 Orchard
水体景观 Water	河流 River
	湖泊与池塘 Lake & pond
	水产养殖 Aquaculture
其他 Others	在建用地 Land in construction
	未利用土地 Unemployed

为 2.5km,这样将样带划分为 26 个 5km×5km 的样方。Fragstats 可以计算斑块个体、斑块类型和景观 3 个层次上的一系列景观格局指数。景观格局指数非常之多,但是大部分指数所指示的格局特征往往是不全面的,具有其局限性且存在冗余^[28~30]。因此,根据本研究的需要,共选取了下列 8 个景观格局指数(表 2)。

表 2 景观格局指数
Table 2 Definition of landscape metrics

景观指数 Landscape metrics	缩写 Acronym	描述 Description
类型比例 Percentage of Landscape	PLAND	景观中某类斑块的面积占整个景观面积的百分率
斑块密度 Patch Density	PD	斑块密度即单位面积的斑块数目,反映了景观破碎程度,斑块密度越大,则斑块越小,破碎化程度越高。
边缘密度 Edge Density	ED	斑块的边界密度即单位面积的斑块边界数量,反映景观中异质性斑块之间物质、能量、和物种交换的潜力及相互影响的强度,可直接表征景观整体的复杂程度。
Shannon 多样性指数 Shannon Diversity Index	SHDI	反映景观类型多样大小的指标
平均斑块面积 Mean Patch Size	MPS	等于斑块类型面积除以该斑块的总数。它既可用于对比不同景观的聚集或破碎程度,也可以指示景观各类型之间的差异。
最大斑块指数 Largest patch index	LPI	斑块类型中最大斑块面积占总景观面积的百分数。是斑块水平上优势度的量度。
景观形状指数 Landscape shape index	LSI	景观形状指数对景观大小起调节作用的总边界或边界密度的标准量度,同时也是斑块聚合或离散程度的量度,LSI 越大斑块则越离散。
景观聚集度指数 Landscape contagion index	CON	聚集度指数反映景观中不同斑块类型的聚集程度。聚集度小,则斑块面积小,离散程度高,反之亦然。

2 结果与分析

2.1 上海城市景观的总体特征

从 2000 年上海市景观结构中各景观类型的比例来看,农田景观的比例最大,占整个景观类型的 60.15%,可看作是景观基质类型,而居住景观、工业景观、绿地景观、基础设施景观和其他景观类型所占的比例分别为 14.26%、6.09%、2.35%、1.74% 和 1.82%(图 1a)。平均斑块面积最大的是农田景观,为 13.25hm²,而其他类型景观、工业景观、基础设施景观、居住景观和绿地景观的平均斑块面积则逐渐减低,依次分别为 5.52hm²、5.07hm²、3.91hm²、1.43hm² 和 0.72hm²(图 1d);斑块密度最大的是居住景观(9.99 个/km²),其次是农田(4.54 个/km²)和绿地景观(3.25 个/km²),接下来是工业景观(1.2 个/km²)和基础设施(0.45 个/km²),建筑用地等其他类型景观的斑块密度最小,为 0.33 个/km²(图 1b);最大斑块指数中,农田最大,而其他类型、绿地、工业、基础设施和居住区则依次减小(图 1c)。总体上,斑块类型面积比例、最大斑块指数和平均斑块面积的最大值为农田景观,说明上海市的景观类型中,农田仍然为优势景观类型。而居住景观是上海市景观中占地比例第二大的景观类型,其斑块密度最大,而平均斑块面积和最大斑块指数很小,表明居住景观斑块的分布破碎而分散。工业景观和基础设施景观是城市化造成的土地类型快速转变的具体体现,结合下文类型和景观水平的梯度分析,更能反映城市化对景观格局的影响。

河流和道路作为景观廊道,所占的比例达 13.59%,是上海市最有特色的景观类型。上海市有大小各级河道 23787 条,河道总长度约 21646.29km,河道密度达 3.41km/km²;上海市中心城区道路总长度约 2574km,道路网密度 3.9km/km²,郊区道路总长度 4104km,公路网密度为 0.65km/km²。高密度的景观廊道,加强了对其他景观类型的切割,增加了景观的破碎度,受影响最大的是农田景观,其斑块密度较高,原因就是农田景观受到河道和道路景观廊道的分割。

2.2 类型水平的梯度分析

在样带梯度上,各景观类型的比例清楚地显示出中心城区的范围大概在 32.5km~45km(样方 13~17)之间(图 2a)。农田景观呈现出从郊区向中心城区逐渐递减的趋势,农田景观的比例在接近城郊结合部时陡然下降,到中心城区为零,经过中心城区后又逐渐上升,在样带中的梯度变化呈“U”型,在中心城区两边呈对称分布。居住区和基础设施的比例则呈现出从郊区向中心城区逐渐递增的趋势,在中心城区达到最高,但是两者的峰值位置并不协调一致,以人民广场(样方 16)为中心点,基础设施的峰值出现在中心城区到浦东陆家嘴商务中心区(样方 15~17)范围内,而这个范围内居民区相对要少。工业景观从郊区向中心城区在样带上大致呈“M”型,呈双峰分布,峰值位置出现在城郊过渡带,与居住景观高度混合。从图 2a 中可以看出,反映城市化的景观类型(工业、居住、基础设施)和农业景观在景观样带上比例的变化,明显反映了城市化的梯度变化,以及城市化区域的范围。各类景观类型的比例,在郊区是农田>居住区>工业>基础设施,在中心城区则为居住区>基础设施>工业>农田。

从各类景观的斑块密度来看(图 2b),居住景观斑块密度最高,在样带西部,斑块密度大小的排列依次是居住>农业>工业>基础设施,中心城区居住景观和基础设施的斑块密度很高,达到 15~20 个/km²,最大斑块指数小(图 2c),景观的边界密度高

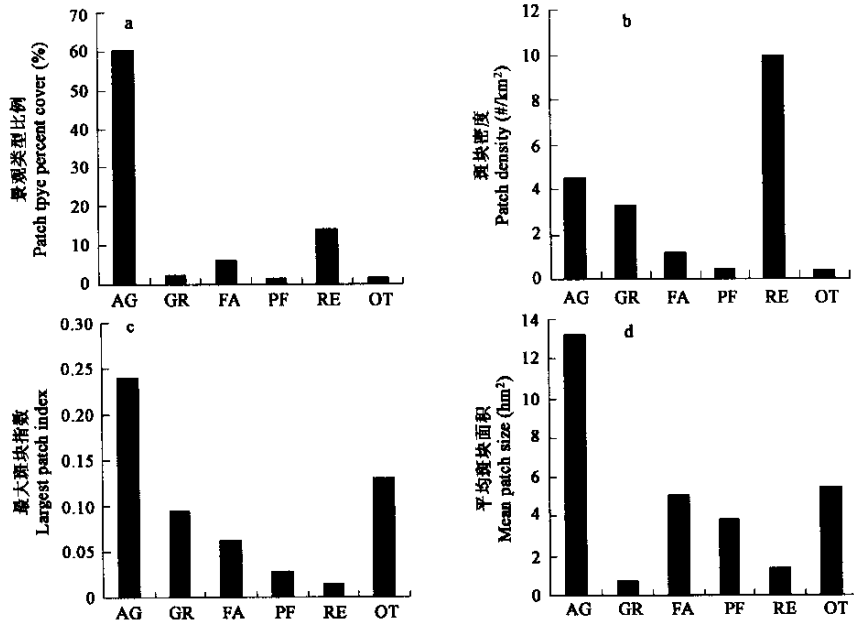


图1 上海城市景观的总体特征

Fig.1 Synoptic landscape characteristic for Shanghai Metropolitan region

AG 农田景观 agriculture;GR 绿地景观 green land;FA 工业景观 industry; PF 基础设施景观 public facility; RE 居住景观 residential; OT 其他类型景观 others

(图 2d),表明中心城区的景观破碎化程度高,景观异质性增大。这与中心城区的住宅和基础设施密度大,被街道和道路分割的景观格局是相一致的。样带西部的斑块密度(图 2b)、平均斑块面积(图 2f)和最大斑块指数(图 2c)表明,农田仍然是优势斑块类型,但是居住区的斑块密度很大,平均斑块面积最小,居住景观斑块小而分散,散布于农田之中,占用了很多农田,在整个市域范围内,郊区居住景观的总面积达到 804.78km²。

在样带的东部,范围大概在 45~57.5km(样方 18~23),在斑块类型的比例、斑块密度、平均斑块面积、边界密度和斑块形状指数都出现一个峰值,这与一般城市的土地利用和城市形态表现的规律不太一样,因为这个区域为浦东新区,是上海既改革开放以来发展最快也是城市化速度最快的地区。尽管农田景观仍然是浦东新区优势景观类型,但由于新区的快速城市化,大面积的土地被用于发展工业和建设现代化的大型居住区,农田的破碎化程度增加,导致农田的斑块密度增大,这在斑块密度、平均斑块面积上表现最明显。

2.3 景观水平的梯度分析

在景观水平上,斑块密度在样带上的梯度表现出和类型水平相似的规律,西部的斑块密度较低,于 32.5km(第 13 样方)处开始陡然升高,在中心城区和浦东新区出现峰值,密度最高值出现在 40km 处(即第 16 样方)的城市化中心地带,表明中心城区景观的破碎化程度高(图 3a);边界密度在样带西部(0~32km,样方 0~13)缓慢上升,在中心城区和浦东新区出现峰值,表现出与斑块密度类似的变化趋势(图 3b)。而平均斑块面积(图 3c)则呈现出与斑块密度和边界密度相反的变化趋势:在样带的西部平均斑块面积较大,郊区范围内(0~27.5km,即样方 0~11)下降缓慢,在城郊结合部出现峰值,在中心城区和浦东新区出现低谷,这与类型水平的景观格局指数的变化表现一致。近郊的两个峰值是因为集中了金桥出口加工区、张江高科技园区和北新泾工业区等新兴工业区的缘故。景观多样性指数(图 3d)从样带西部开始逐渐升高,在中心城区较高,城乡过渡带最高,接着开始逐渐降低。景观形状指数(图 3e)在样带梯度上的变化趋势表现出与斑块密度和边界密度非常类似的空间规律。景观聚集度(图 3f)从样带西部向中心城区逐渐下降,表明郊区以大斑块为主,中心城区的斑块面积小,离散程度高。各景观指数曲线在沿城市化梯度的剖面上,均呈现双峰现象,恰好是上海市中心城区,以及近 10a 来快速发展的浦东新区快速城市化在城市景观上的体现。

3 讨论与结论

类型水平上,在从郊区向中心城区的梯度上,农田景观的比例逐渐降至 0,而工业、居住区和基础设施却逐渐上升,在中心

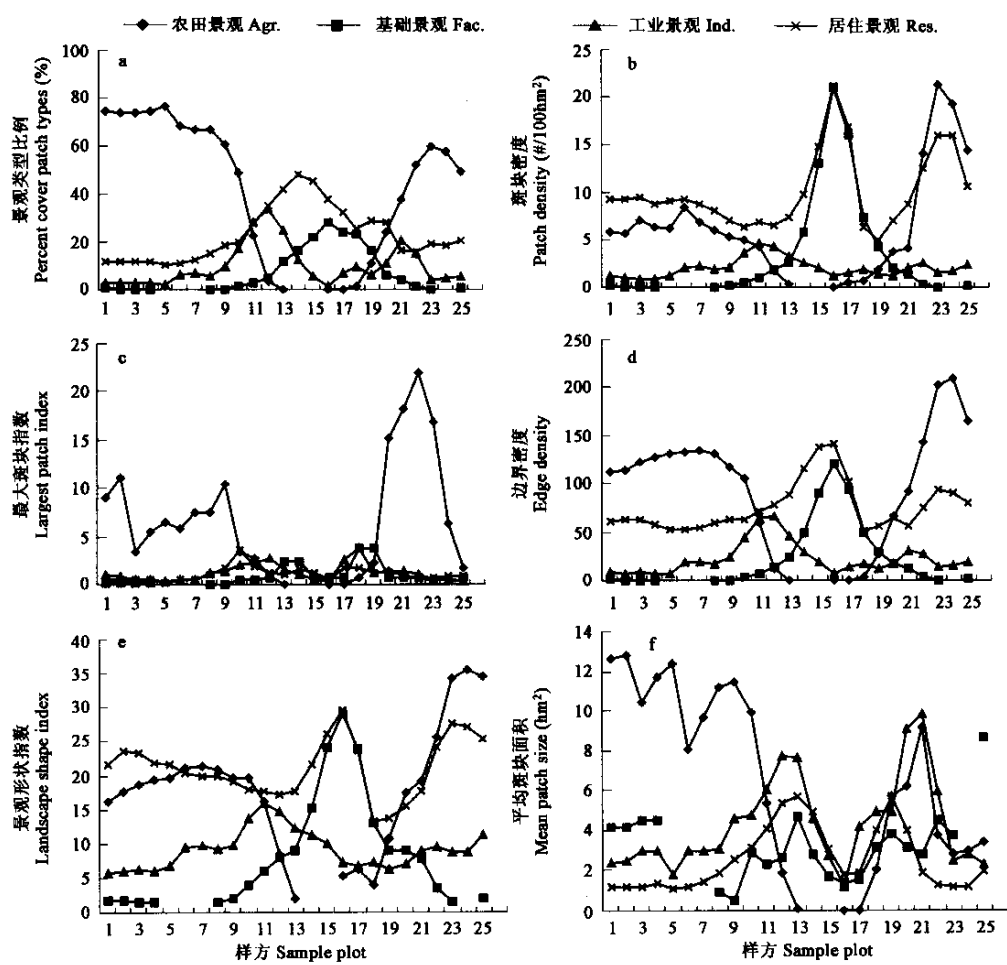


图 2 景观组分在样带上的变化

Fig. 2 Changes of class-level metrics along transect crossing urban center

城区达到峰值(图 2a),明显反映了城市化的梯度。农田、工业、居住区和基础设施等各景观类型在城乡梯度上都呈现出其独特的空间特征(图 2a~f);景观水平上,斑块密度、边界密度、景观多样性指数、景观形状指数(图 3a,b,d,e)均在郊区部分变化缓慢,在高度城市化地区出现峰值,表明城市化导致景观破碎化程度增加,景观异质性增大;各景观类型在样带梯度上的空间配置明显反映了城市化的前沿边界在第 13~19 样方之间(图 3a,b,c,e)。这表明景观格局分析,尤其是将景观格局指数和梯度分析相结合,是城市化和城市景观生态研究的重要手段和强有力工具,可用于不同城市之间或同一城市不同时期的城市形态、土地利用动态变化的比较和定量研究。

通过对上海市整体景观的特征,以及城乡梯度上景观格局的空间特征分析,可以得出:上海市的景观要素中,农田景观仍然是优势景观类型(占 60.15%);但是反映城市化的工业、居住和基础设施等景观类型的比例已经占整个景观面积的 22%左右,与 1994 年的 11.2%的比例相比^[20],几乎翻了一倍,表明上海市的城市化程度和城市化速率大大提高。在上海市的现状景观格局中,郊区居住区所占的比例过大,达 12.69%,按照 2000 年上海统计年鉴,上海市郊区的人口为 680.98 万人,按照郊区居民用地面积折算,则上海市郊区人均居住用地面积为 118.2m²,对土地资源的占用是非常浪费的。在城郊结合部,居住区景观与工业景观高度混合,从而影响居民的生活质量,这表明上海市需要进行景观结构优化和用地结构调整,以提高土地资源的利用率。

上海城市景观的主要特征之一是河流和道路等景观廊道,占整个景观面积的 13.59%,而且密度也非常大,这势必造成对景观的切割作用,表现在农田景观的平均斑块面积只有 13hm²,这与 Zhang 等^[20]的研究结果 2729hm² 相差甚远。分析表明可能是 Zhang 等的研究数据中对河流等景观廊道统计欠完全,因为 Zhang 等报道的上海市水体的比例占 5.9%,与本文的研究数据相差甚远,城市化不可能导致上海市的河道比例上升近 1 倍,而且这与城市化会导致城市河道数量减少的研究结果也是相矛盾

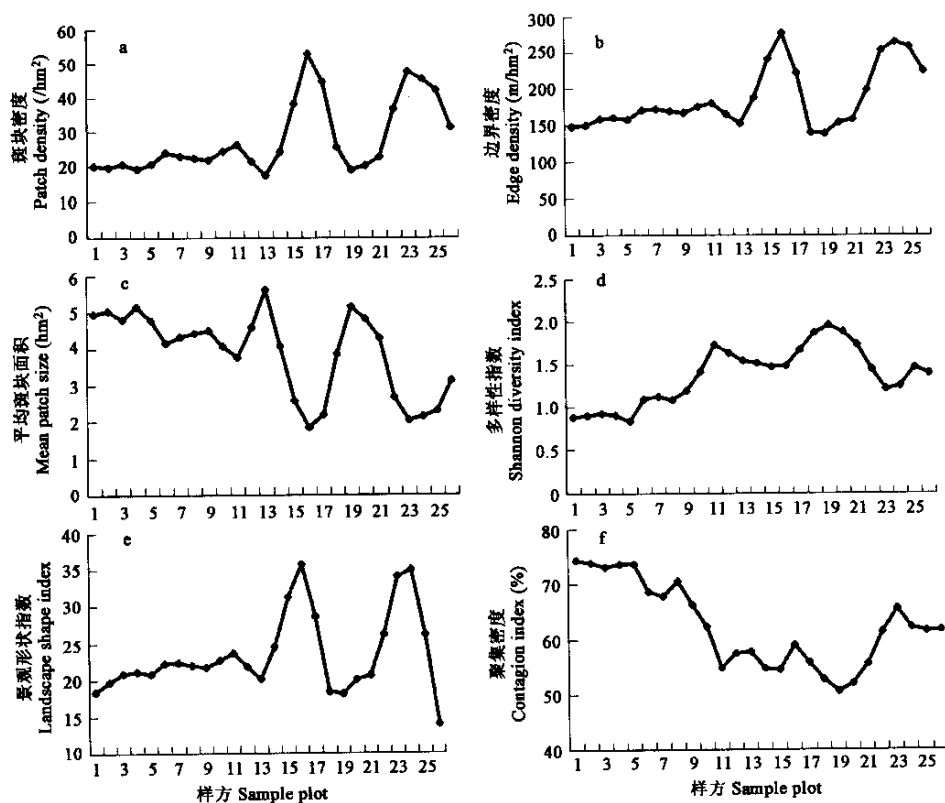


图3 景观水平上的格局指数沿样带的变化

Fig. 3 Changes of landscape-level metrics along transect crossing urban center

的^[31]。另一方面,调查发现,上海市的河道两岸多为水泥驳岸,缺乏自然植被带的保护,纵横交错的河道给城市的水环境和水污染治理带来挑战,具有较高的潜在生态风险。

造成上海城市景观现状格局的原因主要是近年来的快速城市化,以及自然、社会经济、地方政府的决策以及国家的宏观政策等因素。景观格局的变化会对城市地区的生物区系和生物地球化学循环产生影响,同时也会影响城市的社会经济过程^[2,29]。用景观生态学的方法结合梯度分析方法,有助于理解景观格局与城市生态过程之间的关系,量化城市化的空间格局及其梯度分布特征,是进一步研究城市生态和城市化对城市生态系统影响的基础。至于城市景观格局变化对城市生态系统的影响,需要时间序列的景观格局变化数据结合对应的社会经济因素和人类活动影响因素,进行综合分析。

References:

- [1] United Nation, *World Urbanization prospects*. The 1999 revision.
- [2] Luck M, Wu J. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*. 2002, **17**: 327~339.
- [3] Loucks O L Sustainability in urban ecosystems; Beyond an object of study. In: Platt R. H., Rowntree R. A. and Muick P. C. eds. *The Ecological City*. University of Massachusetts Press, Amherst, Massachusetts, USA, 1994. 49~65.
- [4] Sukopp H. Urban ecology-Scientific and practical aspects. In: Breuste J., Feldmann H. and Uhlmann O. eds. *Urban Ecology*. Springer, Berlin, Germany, 1998. 3~16.
- [5] Breuste J, Feldmann H and Uhlmann O. *Urban Ecology*. Springer, Berlin, 1998.
- [6] Gu C L. Study on Phenomena and mechanism of land use /cover change in Beijing. *Journal of Nature Resources*, 1999, **14**(4): 307~312.
- [7] He C Y, Chen J, Chen Y H, et al. Land use/cover change detection based on hybrid method. *Journal of Natural Resources*, 2001, **16**(3): 209~214.
- [8] Yang W Z. The distribution pattern of industry in the 21st century in Shanghai. *Acta Geographica Sinica*, 1997, **52**(2): 104~113.

[9] Xiao D N. Urbanization process and the sustainable utilization of land resources. *Yunnan Geographic Environment Research*,1997, **9**(1): 34~39.

[10] Zeng H, Jiang Z Y, Yu H, *et al.* Landscape Structure Study of Longhua Area in Shenzhen City during the Fast Urbanization Process Ⅲ. Structure and Heterogeneity Analysis of Farmland. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2000, **36**(2): 221~230.

[11] Zeng H, Jiang C M. Landscape structure study of Longhua area in Shenzhen city during the fast urbanization process——structure and heterogeneity analysis of forest land. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(3): 378~383.

[12] Gao J, Song Y C. Landscape dynamics of t wo 2 side lands 2 along main urban roads in southwestern Shanghai. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001,**12**(4): 605~609.

[13] Chen F, Ge X P, Chen G, *et al.* Spatial different analysis of landscape change and human impact in urban fringe. *Scientia Geographica Sinica*, 2001,**21**(3):210~216.

[14] Xiao D N, Gao J, Shi T M. Application of landscape ecology in urban planning and management. *Advance in earth sciences*, 2001,**16**(6): 813~820.

[15] Wu J. *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. Beijing:Higher Education Press, 2000.

[16] O'Neill R V, Krummel JR, Gardner R H, *et al.* Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, **1**: 153~162.

[17] Turner M G. Landscape ecology: The Effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1989,**20**: 171~197.

[18] Wu J, Jelinski D E, Luck M, *et al.* Multiscale analysis of landscape heterogeneity: Scale variance and pattern metrics. *Geographic Information Science*,2000,**6**: 6~19.

[19] Wu J. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: Scaling relations. *Landscape Ecology*, 2004, **19**:125~138.

[20] Zhang L Q, Wu J P, Zhen Y, *et al.* A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China. *Landscape and Urban Planning*, 2004, **69**(1): 1~16.

[21] Whittaker R H. *Communities and Ecosystems*. MacMillan, New York, 1975.

[22] Kowarik I. Some responses of flora and vegetation to urbanization in central Europe. In: Sukopp H. , Hejny S. and Kowarik I. eds. *Urban Ecology: Plants and Plant Communities in Urban Environments*. SPB Academic Publishing bv, The Hague, The Netherlands, 1990. 45~74.

[23] McDonnell M J and Pickett S T A. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients; An unexploited opportunity for ecology. *Ecology*, 1990,**71**: 1232~1237.

[24] Pouyat R V and McDonnell M J. Heavy metal accumulations in forest soils along an urban-rural gradient in southeastern New York, USA. *Water, Soil, and Air Pollution*, 1991, **57/58**: 797~807.

[25] Pouyat R V, McDonnell M J, and Pickett S T A. Soil characteristics of oak stands along an urban-rural land-use gradient. *Journal of Environment Quality*, 1995, **24**: 516~526.

[26] Zhang J T, Pickett S T A. Effects of urbanization on forest vegetation, soils and landscape. *Acta Ecologica Sinica*. 1999,**19**(5):654~658.

[27] McGarigal K, and Marks B J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen. Tech. Report PNW-GTR-351*, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 1995.

[28] Wu J, Shen W, Sun W,*et al.* Tueller. Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics. *Landscape Ecology*, 2002,**17**:761~782.

[29] Shen W, Jenerette G D, Wu J,*et al.* Gardner. Evaluating empirical scaling relations of pattern metrics with simulated landscapes. *Ecography*, 2004, **27**: 459~469.

[30] Li X Z, Bu R C, Chang Y, *et al.* The response of landscape metrics against pattern scenarios. *Acta Ecologica Sinica*, 2004,**24**(1):123~134.

[31] Paul M J, Meyer J L. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2001,**32**: 333~365.

[32] Baker L A, Hope D, Xu Y, *et al.* Nitrogen balance for the Central Arizona-Phoenix (CAP) ecosystems. *Ecosystems*, 2001, **4**:582~602.

参考文献:

[6] 顾朝林. 北京土地利用/覆盖变化机制研究. 自然资源学报,1999,**14**(4):307~312.

[7] 何春阳,陈晋,陈云浩,等. 土地利用/覆盖变化混合动态监测方法研究. 自然资源学报,2001,**16**(3):255~262.

[8] 杨万钟. 21 世纪上海产业布局模型. 地理学报,1997, **52**(2): 104~113.

[9] 肖笃宁. 城市生态过程与土地资源的可持续利用. 云南地理环境研究,1997, **9**(1): 34~39.

[10] 曾辉,江子瀛,喻红,等. 深圳市龙华地区快速城市化过程中的景观结构研究 Ⅲ. 农业用地结构及异质性分析. 北京大学学报(自然科学

版), 2000, 36(2): 221~230.

- [11] 曾辉, 姜传明. 深圳市龙华地区快速城市化过程中的景观结构研究: 林地的结构和异质性特征分析. 生态学报, 2000, 20(3): 378~383.
- [12] 高峻, 宋永昌. 上海西南城市干道两侧地带景观动态研究. 应用生态学报, 2001, 12(4): 605~609.
- [13] 陈浮, 葛小平, 陈刚, 等. 城市边缘区景观变化与人为影响的空间分异研究. 地理科学, 2001, 21(3): 210~216.
- [14] 肖笃宁, 高峻, 石铁矛. 景观生态学在城市规划和管理中的应用. 地球科学进展, 2001, 16(6): 813~820.
- [15] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [25] 张金屯, Pickett, S. T. A. 城市化对森林植被、土壤和景观的影响. 生态学报, 1999, 19(5): 654~658.
- [27] 李秀珍, 布仁仓, 常禹, 等. 景观格局指标对不同景观格局的反应. 生态学报, 2004, 24(1): 123~134.

欢迎订阅 2005 年的 *Journal of Integrative Plant Biology*

(中文刊名:《植物学报》)

《植物学报》由中国科学院植物研究所和中国植物学会主办, 是植物学综合性学术期刊。多年来一直被国内 20 多个数据库和文摘期刊收录, 是中国科技信息研究所中国科技论文统计与分析数据库和中国科学院文献情报中心中国科学引文数据库的来源期刊。多次荣获全国、中国科学院及中国科协优秀科技期刊奖。被引频次和影响因子在我国生物类期刊中名列前茅。目前在国外发行和与国外交换的国家和地区达 40 多个。被国外 40 多个英文文摘期刊收录, 1998 年进入美国科学信息研究所 (ISI) 数据库 Scisearch, 是 Biosis (生命科学文献数据库) 收集数据最多的中国期刊之一。

本刊自 2005 年第 1 期起, 将由国际著名的 Blackwell Publishing 出版, 英文名称为“Journal of Integrative Plant Biology”。

主要刊登: 植物生理生化、结构植物学、植物分子生物学、植物遗传学、植物生殖生物学、植物生态学、植物化学与资源植物学、植物系统与进化、古植物学以及生物技术等领域的原始研究论文、综述和快讯。

国内统一刊号为 CN 11-5067/Q, 国际标准刊号变更为 ISSN 1672-9072, CODEN 码 CHWHAY, 国际标准 A4 大 16 开, 每月 10 日出版, 每期 128 页, 铜版纸印刷。国内发行, 定价每期人民币 90 元, 全年 1080 元, 国内邮发代号 2-500, 邮局订购。国外订购请与 Blackwell Publishing 联系。

主要读者对象: 植物学、农、林、医药、轻工领域的研究、教学人员, 从事资源调查、开发利用的技术人员, 以及有关管理干部和专家, 高校学生。

主要订购单位: 植物学研究单位, 与植物学有关的综合性大学、农林医药院校和科研单位、国家重点实验室、开放实验室。

编辑部地址: 北京香山南辛村 20 号, 邮编: 100093

电话: (010) 62591431-6563, (010) 82592636

传真: (010) 82592636

E-mail: <jiaoyali@ibcas.ac.cn>

李俊祥，等：上海市城乡梯度景观格局分析

LI Jun-Xiang, *et al.*: Landscape pattern analysis along an urban-rural gradient in the Shanghai metropolitan region

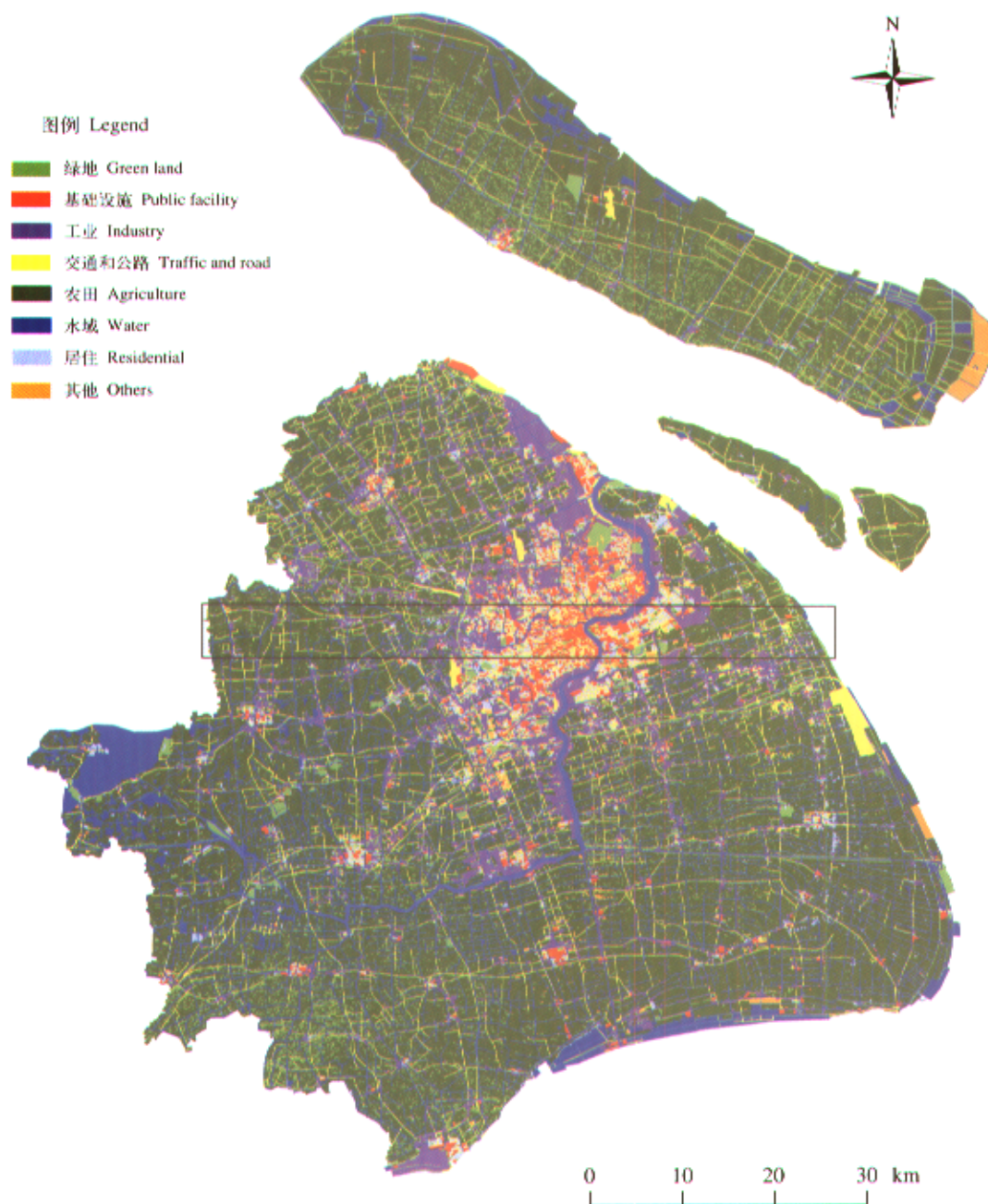


图 I 上海市景观类型

Plate I Landscape types in Shanghai metropolitan region