

济南市城市绿地时空梯度分析

尹海伟¹, 孔繁花²

(1. 南京大学城市与资源学系, 南京 210093; 2. 日本广岛大学国际协力研究科, 日本广岛 739-8529)

摘要: 随着社会经济的发展, 人们越来越关注生活质量, 而具有重要生态和社会经济功能的城市绿地是反映一个城市生活质量的重要指标。因此, 城市绿地空间格局的定量研究就显得尤为重要。以济南市作为研究区, 以 RS 和 GIS 为技术手段, 采用梯度分析和景观指标相结合的方法, 在 8 个方向上从市中心到边缘取样, 对研究区 1989、1996、2004 年的城市绿地空间格局及其变化进行了定量分析。研究结果表明: (1) 基于城市绿地类型图、运用移动窗口所得到的梯度分析结果能够准确的表达城市绿地空间格局及其动态变化; (2) 城市绿地时空梯度的动态变化能够反映城市土地利用空间结构及政府政策的影响; (3) 梯度分析方法能够实现景观指标的空间化与可视化; (4) 局部区域上的景观指标量化与整个景观水平上的量化相比, 能够更好的连接景观格局与过程, 对进一步分析城市绿地的生态和社会经济功能具有重要意义。

关键词: 移动窗口; 梯度分析; 城市绿地; 济南市

文章编号: 1000-0933(2005)11-3010-09 **中图分类号:** X22 **文献标识码:** A

Spatio-temporal gradient analysis of urban green space in Jinan City

YIN Haiwei¹, KONG Fanhua² (1. Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2. Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima University, Higashi-hiroshima 739-8529, Japan). Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 3010~3018

Abstract Urban green space can be defined as outdoor places with significant amounts of vegetation and mainly exists as semi-natural areas. It has important ecological and social functions, including maintaining biodiversity, absorbing rainwater and pollutants, mitigating urban heat island effects, providing recreation venues, reducing work-related stress, and increasing property values.

With social development, people pay much more attention to the living standard in the urban area. Urban green space becomes an important indicator. Analysis of green space pattern is the basis to optimize urban planning in the future. In China, after the Reform and Open Policy and the Urban Land Reform initiated in 1980s, Chinese cities are facing a rapid urban expansion and redevelopment. This rapid urbanization profoundly transformed the spatial pattern of urban area, obviously, including the green space. The government attempts to plan green space to adapt the urban development, which requires an understanding of the process of green space change. This has been done since 1980s. But most of the cities have implemented green planning since 1990s.

Quantification of green space patterns is a prerequisite to the understanding of green space changes, and is essential for monitoring and assessing green space functions. This paper presents a new method for quantifying and capturing changes in green space patterns, through a case study of Jinan city which carried out five phases of greening work after the establishment of the "Great Changes in Five Years" in 1997, resulting in tremendous change of urban spatial pattern, especially the green space, during 1989-2004. Supported by GIS and remote sensing, we quantified the local green space with the "moving window" technique (using FRAGSTATS), and a gradient analysis by sampling from the urban center to the fringe.

基金项目: 中国科学院知识创新资助项目(KZCX3-SW-424); 国家自然科学基金资助项目(40371038)

收稿日期: 2004-11-26; **修订日期:** 2005-04-20

作者简介: 尹海伟(1978~), 男, 山东青州人, 博士生, 主要从事城市生态与 GIS 研究. E-mail: qzyinhaiwei@163.com

Foundation item: Project of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX3-SW-424), National Natural Science Foundation of China (No. 40371038)

Received date: 2004-11-26; **Accepted date:** 2005-04-20

Biography: YIN Haiwei, Ph. D. candidate, mainly engaged in urban ecology and GIS. E-mail: qzyinhaiwei@163.com

Results demonstrated that: (1) Based on urban green space type map and moving window technique, gradient maps of different landscape metrics in each local area and the sampling analysis from urban center to the fringe in eight directions could precisely quantify the significantly altered green space pattern; (2) Changes of green space pattern in spatio-temporal gradient could obviously reflect the effects of urbanization and the implementation of governmental policy; (3) Using moving window technique, landscape metrics could be quantified in each local area; (4) Compared with quantifying metrics in the entire landscape, partial quantification of landscape pattern could link pattern and processes more effectively, and establish an important basis for subsequent analysis of ecological and socioeconomic functions of green spaces

Key words: moving window s; gradient analysis; urban green space; Ji nan City

随着城市化水平的不断提高,城市地域不断向外扩展,不可避免会带来严重的环境与社会经济后果^[1~3]。城市绿地是城市中唯一残存的自然景观,通常具有重要的生态和社会经济功能,如保护生物多样性,防治水土流失,减轻城市热岛效应,提供休闲娱乐场所,减轻城市人的工作压力,影响房屋价格等^[4~8]。随着人们生活水平的不断提高与休闲时间的逐渐增加,人们更加渴望接触自然、亲近自然、走向自然。因此,城市绿地日益成为评价城市生态可持续与人们生活质量的重要标准。景观生态学因能同时考虑人为与自然景观并能提供城市土地利用与环境改善的优化方法而非常适合进行城市绿地方面的研究^[9~11]。它用斑块数目、大小、形状和位置 4 个基本元素来定义生态格局,并运用景观指标来量化空间格局^[9~13]。梯度分析,始于植被分布规律的分析,目前已被用于调查城市化对植被分布和生态特征的影响^[14~16]。在最近的研究中,Luck 和 Wu^[17]、Zhang 等^[18]和李俊祥等^[19]将梯度分析方法应用到景观生态学领域,用分割窗口沿所选样带移动并分析每个窗口的景观格局变化,以此探讨了城乡景观格局演化与城市化产生的生态后果,但该方法依然难以实现研究区任一点空间信息的量化与可视化,因此空间格局与过程的准确连接仍然难以有效解决。

本文以济南市为研究区,基于 Fragstats^[20]软件平台,以 RS 和 GIS 为技术手段,采用移动窗口方法进行梯度分析,在 8 个方向上从市中心到边缘取样,对研究区 1989、1996、2004 年的城市绿地空间格局及其变化进行了定量分析,生成了景观特征(景观指标)空间分布图,实现了研究区空间量化信息的可视化,使空间格局与过程的准确连接得以有效解决。本研究试图解决以下问题:1)城市绿地空间格局如何变化;2)城市绿地梯度分析能否体现城市化和政府政策的影响;3)梯度分析能否更好的连接景观格局与过程,为进一步分析城市绿地生态与社会经济功能提供前提,为将来生态城市规划提供基本信息。

1 研究区概况

济南市是山东省省会,南依泰山、北枕黄河;属典型的温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,年平均气温 14℃,年平均降雨量 650~700mm;南部泰山山脉属石灰岩且岩层向北倾斜,北部地层为火成岩,因此从泰山岩层南来的地下水在北部受到阻挡而形成许多泉水,济南由此而以“泉城”著称;自然植被以针阔混交林和常绿针叶林为主,优势树种为法桐(*Platanus orientalis* L.)、国槐(*Sophora japonica*)、毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)和侧柏(*Platycladus orientalis* Franco.)及一些草灌群落^[21]。

50 多年来,济南城市化不断推进,城市用地不断扩展,建成区面积由 1949 年的 24.6km² 扩展到 2003 年的 190km²,2020 年将达到 400km²^[22,23]。快速城市化深刻地改变着城市土地利用空间格局,也使得城市绿地与城市发展之间的矛盾日益激化,因此各级政府都希望通过合理规划城市绿地来适应城市发展。济南市城市总体规划(1996~2010 年)和“济南 5 年大变样”方案(1997 年)制定并实施以来,济南市共进行了 5 个阶段的绿化工作,使济南市城市土地利用与城市绿地的空间格局发生了巨大变化^[23]。本文以济南市二环路以内区域作为研究区,总面积为 149.2km²,该区域是历届济南市总体规划的核心区域。

2 数据与研究方法

本研究所使用的主要数据有:①1989 年 6 月 1 日 SPOT 图像(分辨率 10m,单波段),1989 年 6 月 27 日 TM 图像(分辨率 30m,7 波段),1996 年 6 月 12 日 SPOT 图像(分辨率 10m,单波段和分辨率 20m,4 波段),2004 年 5 月 23 日 SPOT 图像(分辨率 10m,4 波段);②2000 年绘制的地形图(1:10000);③济南市规划局和济南市统计局提供的城市规划及统计数据。

济南市城市绿地时空梯度分析方法和过程如下:①基于地形图运用 ERDAS 软件将遥感图像数据进行校正并创建 UTM 坐标系统,因 1989 和 1996 年数据分辨率不同,因此将图像数据进行了融合;②根据中国城市绿地划分标准(CJJ/T85-2002)并结合城市绿地功能与土地利用类型及其所属权等将济南市城市绿地划分为 9 类(表 1);③运用 ARC/INFO 软件进行目视解译得到 3 个时期的城市绿地类型矢量图,并结合野外调查数据对其进行校正(图 1);④将城市绿地类型矢量图转换为 10m×10m 的栅格数据图;⑤在 Fragstats 软件支持下,选用半径为 500m 的移动窗口进行梯度分析。窗口在整个研究区内从左上角开始移动,计算 500m 窗口内每一个景观指标值,并将改值赋给该窗口中心栅格,最后形成景观指标栅格图(图 2)^[20],本文共选取了斑块类型面积(Class area, CA)、斑块密度(Patch density, PD)、斑块类型面积百分比(Percent of landscape, PLAND)、平均斑块面积(Mean Patch Size, MPS)、最大斑块指数(Largest patch index, LPI)、斑块形状指数(Landscape shape index, LSI)、平均最小邻

近距离 (Euclidian mean nearest neighbor distance, MNN)、斑块丰富度 (Patch richness, PR) 8 个指标; ⑥基于以上生成的栅格图, 从研究区几何中心到边缘每隔 200m 进行空间取样, 共在 8 个方向上选取了 286 个样点进行了分析 (图 2)。

表 1 济南市城市绿地分类

Table 1 Classification of urban green space		
大类Original type	中类Medium type	特征Description
公园绿地 Public park	公园绿地 Public park (PU)	向公众开放, 以教育、娱乐和休息为主要功能, 自然和人工植被混合, 以乔木和灌木为主, 植被多样性较高 Open to the public; provides education, pleasure and recreation; has natural and planted vegetation, most is trees and shrub; high diversity
	广场绿地 Plaza-green space (PL)	向公众开放, 提供娱乐休息的场所, 以人工植被为主, 主要是草坪和灌木, 乔木较少, 植被多样性较低 Open to the public; provides open space, recreational opportunities; has planted vegetation, seldom trees, most is shorter shrubs and grassland; low diversity
	生产绿地 Nursery	为城市绿化提供苗木、花草和种子的苗圃、花圃、草圃等圃地 Propagating and cultivating vegetation, breeding and supplying saplings for urban greening
防护林 Green buffer	防护林 Green buffer (GR)	具有一定宽度的生态廊道, 具有隔离和防护功能, 包括卫生隔离带, 城市高压走廊绿带, 防风林带等, 以人工植被为主, 植被多样性较低 Linear corridors protecting high-voltage transmission lines, screening wind and cleansing pollutants; with planted vegetation; low diversity
附属绿地 A ttached green space	附属绿地 A ttached green space (AT)	工业、商业、教育、市政设施等土地的附属绿地, 以人工植被为主 A ttached to industrial, commercial, utility land etc.; has planted vegetation
	居住绿地 Residential green space (RE)	城市居住区内, 社区公园以外的绿地, 包括宅旁绿地, 配套公建绿地, 小区道路绿地等, 以人工植被为主, 植被多样性较低 A ttached to residential areas, including those planted and maintained by the individual residents; includes communal green space serviced the local community (excludes PU and PL); limited plant diversity
	道路绿地 Roadside green space (RO)	包括行道树、分车绿带、交通绿岛等, 具有减少交通事故、屏蔽噪音、减少太阳辐射等作用, 以人工植被为主, 植被多样性较低 Linear corridors between sidewalks, curbs or island patches in crossroads; serve to buffer people from traffic, screen noise and solar radiation etc.; has planted vegetation; limited plant diversity
其他绿地 O ther green space	河流水域绿地 R iparian green space (RI)	河流和水域旁的线形生态廊道, 植被多样性较高 Linear corridors along watersheds; often high plant diversity
	风景林 Scenery forest (SC)	向公众开放, 以残存的自然或者半自然植被为主, 具有较高的生物多样性, 是城市保护生物多样性的主要场所 Open to the public; a mosaic of remnant or naturalized habitat types; high diversity; the main site protecting biodiversity



图 1 研究区 3 个时期城市绿地分类图

Fig. 1 Urban green space type map of study area in three periods



图2 在景观水平上的斑块密度(PD)栅格图及样点分布

Fig. 2 Grid map of PD metric in landscape-level and 286 sampling points

3 结果与分析

3.1 城市绿地总体格局分析

由图3可见,城市绿地总面积不断增大,由1989年的4302.2 hm²,增为1996年的4337.7 hm²和2004年的5538.6 hm²,但3个时期城市绿地总面积的增长率差异却较大,1996~2004年城市绿地面积年均增长率为27.7%,远远高于1989~1996年的0.8%;各类绿地面积及其所占比例的变化差异亦比较明显,附属绿地、居住绿地和公园绿地增长最为明显,但风景林在1996年到2004年间却减少了66.88 hm²,居住绿地、附属绿地、道路绿地及公园绿地比例都有了明显增加,而防护绿地、苗圃比例却有所减少;居住绿地在3个时期始终具有最大PD和MPS,这说明居住绿地的破碎化程度最大;风景林具有最大PLAND、MPS和较低的PD,这表明风景林在城市绿地中为优势类型并具有较高的聚集度;道路绿地的PD和PLAND逐渐增加,表明道路绿地的连接度逐渐增加,城市绿地网络逐渐形成。城市绿地类型及格局的以上变化与济南市城市总体规划(1996~2010年)和“济南5年大变样”方案(1997年)的实施和城市化进程密切相关,城市绿化政策使得大多数城市绿地类型的面积增加,并改变了城市

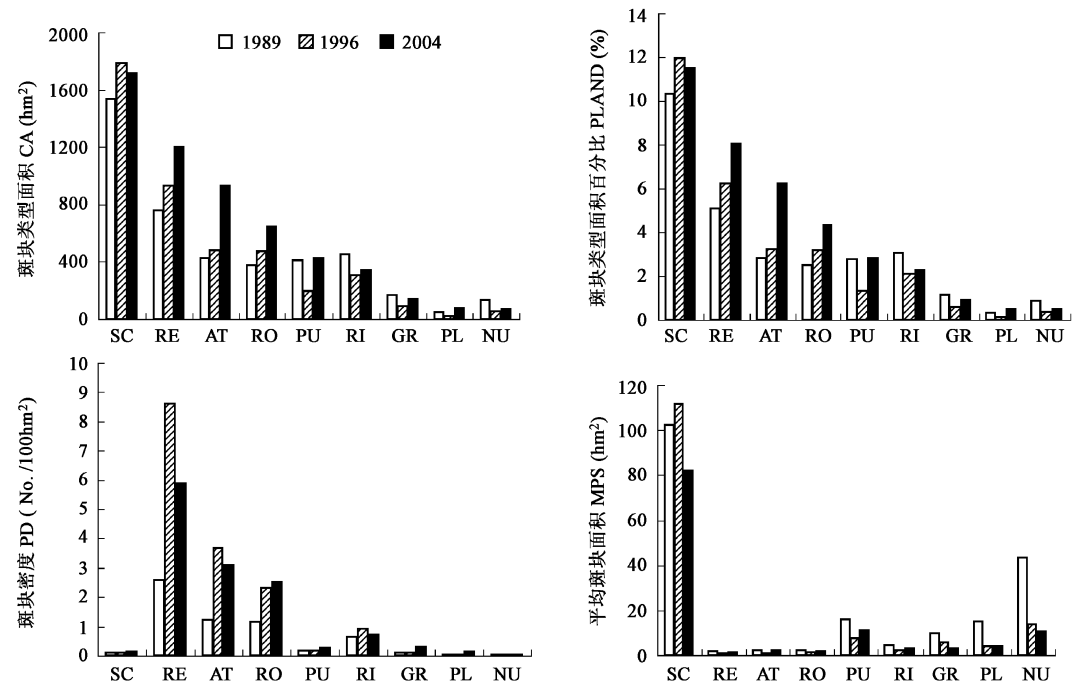


图3 济南市城市绿地总体格局特征

Fig. 3 Synoptic landscape characteristics of green space in Ji han City

绿地类型的空间分布格局,与此同时城市空间的扩展却造成大量绿地被侵吞,特别是风景林和水域绿地。

城市绿地总体格局分析有利于获得研究区总体格局的变动特征,也是目前通用的一种分析方法,然而仅通过这一分析,我们很难发现城市绿地时空变化的直接原因,而下面的梯度分析可以有效解决这一问题。

3.2 类型水平上的梯度分析

通过移动窗口,在类型水平上对9种城市绿地进行了梯度分析,但因数据太多,本文仅选择居住绿地进行解释。由图4可见,在3个时期,居住绿地的PLAND、PD和LSI从城市中心到边缘均呈现“V”型形态,这与市中心为政治和商业中心,而两侧多为居住区有关;不同景观指标在不同的时期也表现出不同的空间特征。在靠近市中心,PLAND、PD和LSI的序列相同:2004年>1996年>1989年,表明居住绿地面积、斑块密度和破碎化程度逐年增加,这与政府的绿化政策密切相关,因为在市中心附近居住面积的增加已不太可能,因此政府实施了“见缝插针”的绿化政策;在城市中心外围,在北、东北、东和西北部,PLAND和LSI表现出峰值并且具有相同的排序:2004年>1996年>1989年,表明越来越多的人居住于市中心外围,致使城市周边居住区的大量建设和城市空间的进一步扩展,然而在西南、西和南部,PLAND序列为1989年>1996年>2004年,而PD和LSI为1996年>1989年>2004年,表明居住绿地由于城市的扩展和建筑密度的增大而不断被蚕食,变的更为破碎。

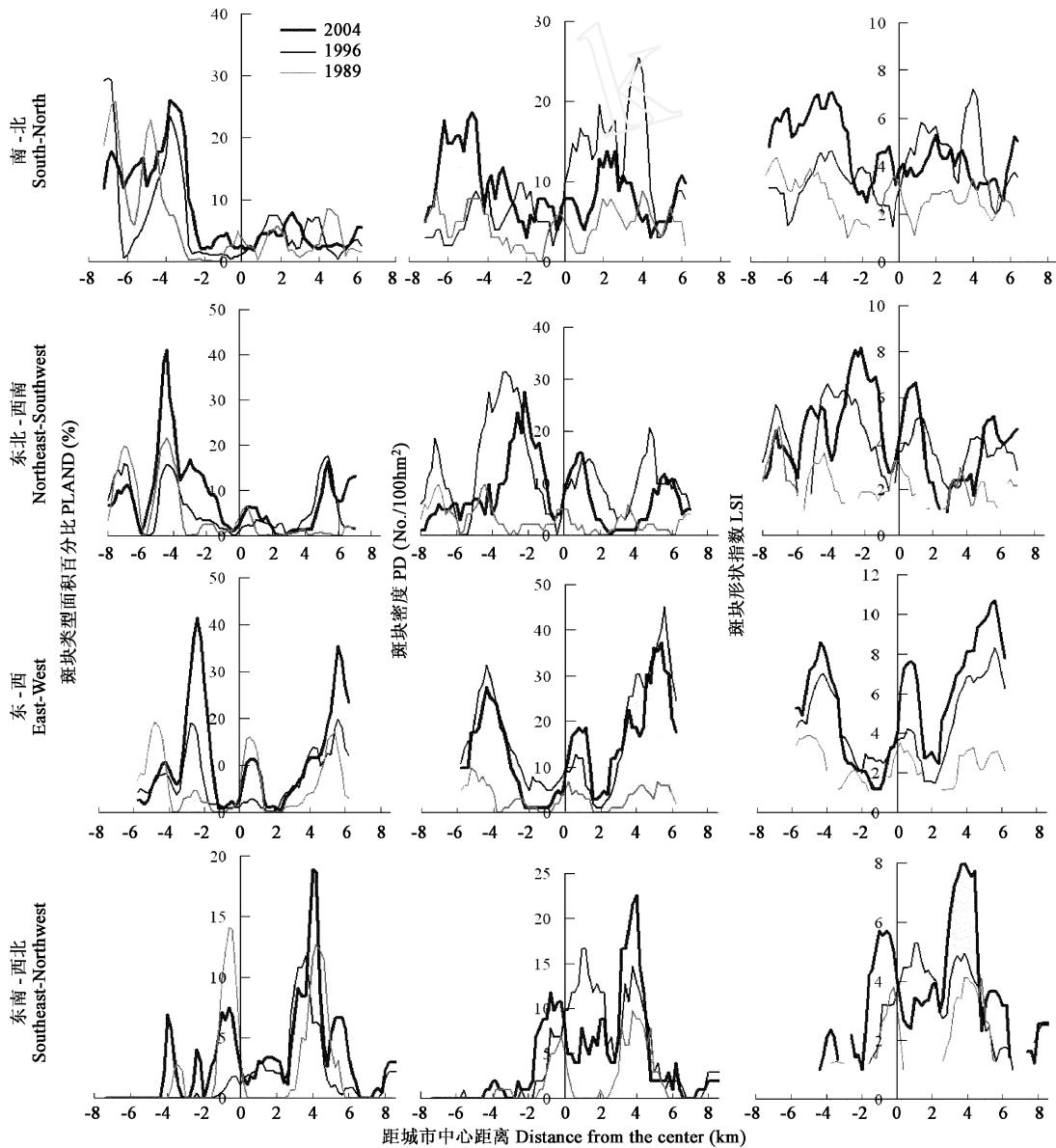


图4 类型水平上居住绿地的梯度变化

Fig. 4 Gradient changes of residential green space in class-level

4.3 景观水平上的梯度分析

由图 5、图 6 可见, 1989 年, 除了市中心以外的大多数区域, PD 均较小, 而 MNN 较高并波动剧烈, 这表明 1989 年城市绿地分布很不均匀, 且连接度较低; 2004 年的 LPI 与 1996 年和 1989 年相比具有更多峰值, 表明城市绿地明显增加, 斑块间距离减小, 连接度增加, 甚至组合成较大的斑块; PR 在整个景观水平上呈“M”型, 这与济南市城市土地利用空间结构密切相关。市中心

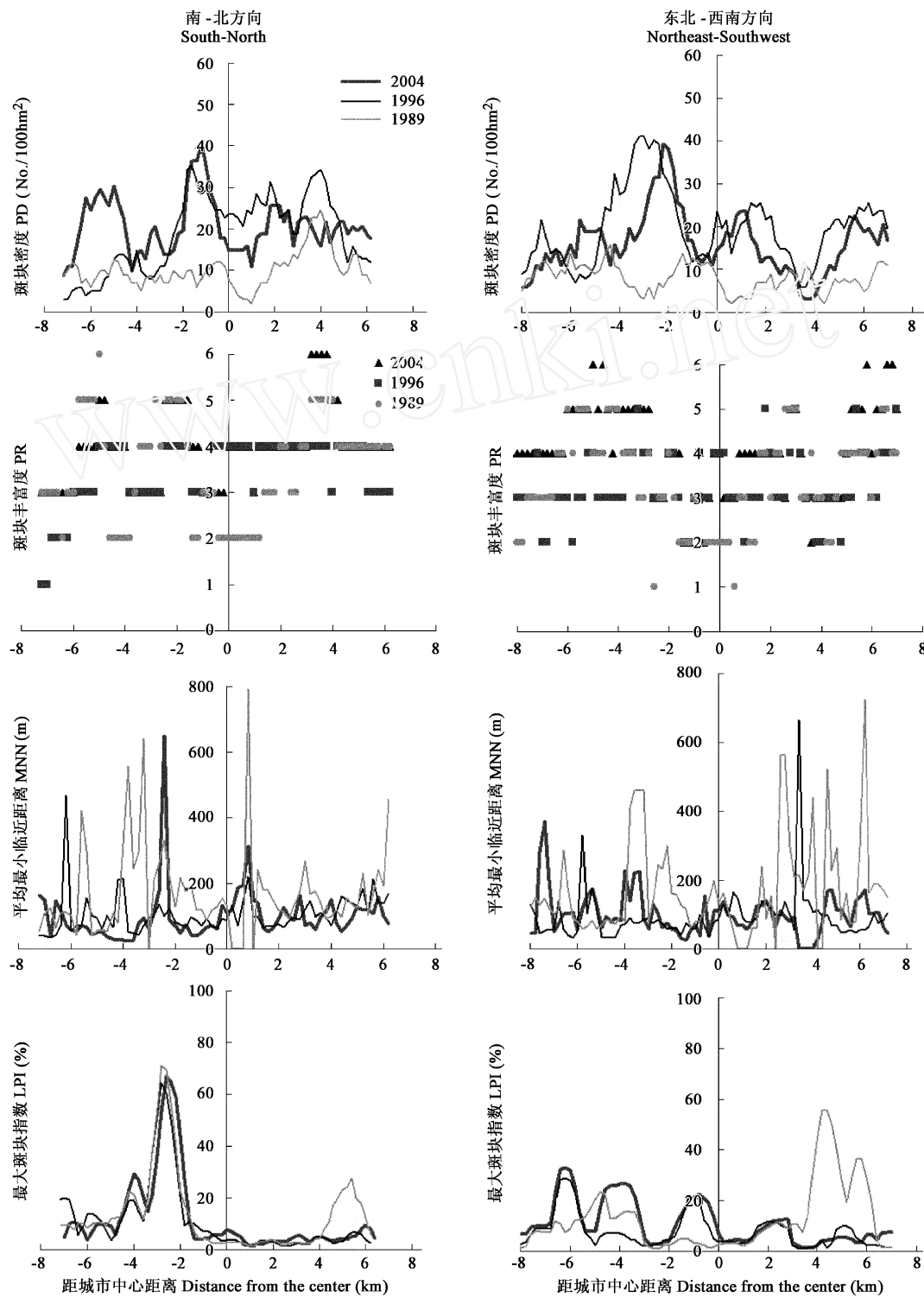


图 5 景观水平上 4 个方向的梯度变化

Fig 5 Gradient changes in landscape-level in four directions

是政治和商业中心, 绿地主要为道路和附属绿地, 在其两翼, 以居住区为主, 同时配有公园、广场等娱乐场所和教育、商业等附属绿地, 绿地类型比较齐全, 而在城市周边, 以大面积的风景林或防护林及河流水域绿地为主, 类型又相对比较单一。

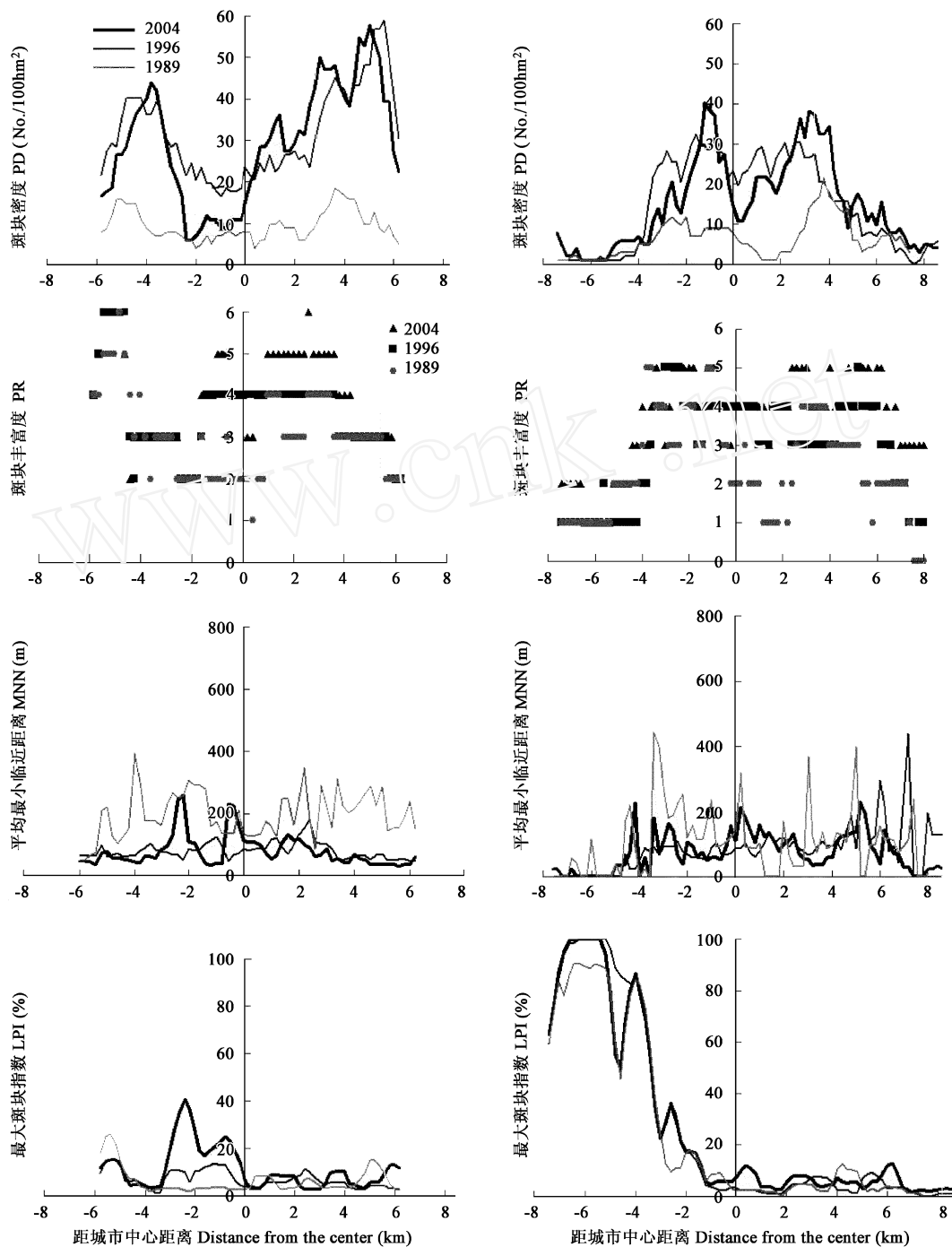


图6 景观水平上其他4个方向的梯度变化

Fig. 6 Gradient changes in landscape-level in another four directions

在南部(-3~-2km)和东南部(-5~-7km), LPI在3个时期均为峰值, 说明在此区域绿地的优势度一直很高, 始终为研究区的“绿核”, 主要为风景林(SC)和公园绿地(PU), 而在这两个方向的边缘PD和MNN呈现2004年>1996年>1989年, 这表明在这些区域破碎化程度增加, 说明公园绿地(PU)和风景林绿地(SC)由于城市的不断扩展而受到侵蚀。在北部(在4~7km)和东北部(在3~7km), 在1989年LPI表现出不少峰值, 但在1996年、2004年, 这些峰值消失, 这表明1989年在这些地区集中分布的绿地, 由于受到城市扩展的影响, 而不断被蚕食并分割成小的斑块。从市中心向西大约4km处, LPI为2004年>

1996 年> 1989 年, MNN 为 1989 年> 1996 年> 2004 年, 表明更多的“绿核”形成, 绿地间距离减小, “点式分布, 见缝插针”的绿化政策收到明显效果。

4 结论与讨论

RS、GIS、景观指标与梯度分析有机结合, 是城市绿地时空梯度分析研究中的一项全新的分析思路和方法。本文采用该方法, 对研究区 1989 年、1996 年、2004 年的城市绿地空间格局及其变化进行了定量分析。研究结果表明:

(1) 城市绿地时空梯度分析结果能够准确表达城市绿地空间格局及其动态变化。

(2) 城市绿地时空梯度的动态变化能够反映城市土地利用空间结构及政府政策的影响。

(3) 梯度分析方法能够实现景观指标的空间化与可视化。

(4) 局部区域上的景观指标量化与整个景观水平上的量化相比, 能够更好的连接景观格局与过程, 对进一步分析城市绿地的生态和社会经济功能具有重要意义。

景观生态学在过去的几十年里主要基于斑块镶嵌模式研究格局和过程的关系^[9, 24, 25]。整个研究区景观指标的平均计算导致在分析结果时经常产生错误的解释, 而且总体特征的变化不能用以解释特定位置的变化规律, 即整体景观指标的核算一定程度上抹煞了区域内部景观格局的差异^[26]。因此, 未来景观生态学的发展将会因为在景观尺度上缺少有效的方法和工具来分析连续变化的生态现象而受到限制^[15]。而本文在 Fragstats 软件的支持下, 采用移动窗口方法, 进行研究区绿地景观格局的时空梯度分析, 实现了景观指标的空间量化与可视化, 也实现了研究区绿地空间格局的连续表达和分析, 弥补了当前景观格局研究难以细化的难题。

数量化与空间化的城市绿地格局与其他环境与社会经济空间数据信息相结合, 可以进一步分析城市绿地的生态和社会经济功能。例如, 城市绿地的宜人性能影响其周边的房屋销售价格, 目前已有不少学者使用享乐模型(Hedonic model) 分析其关系^[8]。

另外, 为了获得较好的平滑效果研究中尝试了不同的窗口大小, 结果表明, 500m 半径的窗口效果较好, 能够通过景观指标的变动特征真实反映城市绿地空间格局的变化。窗口的选择也可以看作是尺度变化对景观指标影响的一个范例。在基于类型图运用移动窗口进行梯度分析时, 如何选择窗口大小以及尺度如何影响景观指标等是有待进一步深入研究的问题。

References

- [1] World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. New York: Oxford, 1987.
- [2] Schell L M, Ulijaszek S J. *Urbanism, Health and Human Biology in Industrialized Countries*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [3] Gordon D. *Green Cities: ecologically sound approaches to urban space*. Montreal: New York Black Rose Books Press, 1990.
- [4] Jin C Y, Chen S S. Comprehensive green space planning based on landscape ecology principles in compact Nanjing City, China. *Landscape and Urban Planning*, 2003, **65**: 95~116.
- [5] Attwell K. Urban land resource and urban planting—case studies from Denmark. *Landscape and Urban Planning*, 2000, **52**: 145~163.
- [6] Miller R. W. *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspace*. Upper Saddle River NJ: Prentice Hall, Inc., 1997.
- [7] Kaplan R, Kaplan S. *The experience of Nature*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 340~342.
- [8] Geoghegan J, Wainger L A, Bockstael N E. Spatial landscape indices in a hedonic framework: An ecological economics analysis using GIS. *Ecological Economics*, 1997, **23**(3): 251~264.
- [9] Forman R T T, Godron M. *Landscape Ecology*, Wiley, New York, 1986.
- [10] Dramstad W E, Olson J D, Forman R T T. *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning*. Harvard University Graduate School of Design, American Society of Landscape Architects. Washington, DC: Island Press, 1996.
- [11] Turner M G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1989, **20**: 171~197.
- [12] Gardner R H, Milne B T, Turner M G et al. Natural models for the analysis of broad-scale landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1987, **1**: 19~28.
- [13] Wang Y Q, Zhang X S. A dynamic modeling approach to simulating socioeconomic effects on landscape changes. *Ecological Modelling*, 2001, **140**: 141~162.
- [14] Whittaker R H. *Communities and Ecosystems*. New York: MacMillan, 1975.
- [15] McGarigal K, Cushman S A. The Gradient Concept of Landscape Structure: Or, Why are there so many patches. 2002. <http://www.umass.edu/landeco/pubs/pubs.html>
- [16] Sukopp H. Urban ecology—scientific and practical aspects. In: Breuste J., Feldmann H., Uhlmann O, Eds., *Urban Ecology*. Berlin:

- Springer, 1998 3~16
- [17] Luck M, Wu J. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region of U S A, *Landscape Ecol*, 2002, **17**: 327~339
- [18] 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**: 1~16
- [19] Li J X, Wang Y J, Shen X H, *et al*. Landscape pattern analysis along an urban-rural gradient in the Shanghai metropolitan region. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, **24** (9): 1973~1980
- [20] McGarigal K, Ene E, Holmes C. FRAGSTATS (version 3): FRAGSTATS Metrics. University of Massachusetts-produced program, 2002
- [21] Ji'nan Landscape Bureau. *Planning of Landscape and Green Space System in Ji'nan City*, 2001
- [22] Ji'nan Statistics Bureau. *Ji'nan Statistical Yearbook 2003*. Beijing: China Statistics Press, 2003
- [23] Ji'nan Planning Bureau. *Great Changes of Ji'nan in Five Years*. Ji'nan: Ji'nan Press, 2003
- [24] Turner M G, Gardner R H, O'Neill R H, *et al*. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. New York: Springer-Verlag, 2001
- [25] Turner M G, O'Neill R V, Gardner R H, *et al*. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecol*, 1989, **3**: 153~162
- [26] Herold M, Goldstein N C, Clarke K C. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 2002, **86**: 286~302

参考文献:

- [19] 李俊祥, 王玉洁, 沈晓虹, 等. 上海市城乡梯度景观格局分析. *生态学报*, 2004, **24** (9): 1973~1980
- [21] 济南市园林局. 济南市园林规划设计院, 济南市园林绿地系统规划(2001), 2001
- [22] 济南市统计局. 济南市统计年鉴(2003年), 北京: 中国统计出版社, 2003
- [23] 济南市规划局. 济南市五年大变样, 济南: 济南出版社, 2003