

# 基于景观空间指标与移动窗口的济南城市空间格局变化<sup>\*</sup>

张琳琳<sup>1</sup> 孔繁花<sup>1\*</sup> 尹海伟<sup>2</sup> 孙振如<sup>1</sup> 庄艳美<sup>1</sup> 居为民<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 南京大学国际地球系统科学研究所, 南京 210093; <sup>2</sup> 南京大学城市与区域规划系, 南京 210093)

**摘要** 应用高分辨率遥感数据, 基于 ArcGIS、FRAGSTATS 软件平台, 采用移动窗口、转移矩阵和梯度分析结合的方法, 定量分析了 1996—2009 年济南市城市土地利用景观空间指标, 特别是建设用地的空间格局及其变化特征。结果表明, 移动窗口方法能更好地挖掘城市土地利用变化过程, 并将其更加准确地与土地利用格局变化相连接; 在研究时段内, 济南市城市建设用地迅速增加, 而城市绿地和农业用地明显减少; 该市建设用地的空间发展不均匀, 城市发展呈现不规则同心圆结构, 这与济南城市发展的政策导向、城市绿地空间的宜人性以及特殊的地理形态紧密相关。研究结果将有利于指导城市土地利用的规划和城市自然资源的管理与保护。

**关键词** 移动窗口; 城市空间格局; 景观指标; 济南

**中图分类号** Q149 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)8-1591-08

**Spatial pattern change of Jinan City based on landscape metrics and moving window method.** ZHANG Lin-lin<sup>1</sup>, KONG Fan-hua<sup>1</sup>, YIN Hai-wei<sup>2</sup>, SUN Zhen-ru<sup>1</sup>, ZHUANG Yan-mei<sup>1</sup>, JU Wei-min<sup>1</sup> (<sup>1</sup>International Institute for Earth System Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; <sup>2</sup>Department of Urban and Regional Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(8): 1591–1598.

**Abstract:** Based on high resolution remote sensing data, and by using the methods of moving window, transformation matrices, and gradient analysis, this paper quantitatively analyzed the spatial patterns and change characteristics of the land use types, especially of built-up area, in Jinan City in 1996–2009. The analysis was implemented with ArcGIS and FRAGSTATS platforms, and the landscape metrics was taken as the assessment indicator. Among the methods used, moving window could better explore the processes of land use change, and better link these processes with the changes of land use pattern. In the study period, the urban built-up area in the city increased rapidly, while the green space and agricultural land decreased significantly. The expansion of the built-up area was anisotropic, and the built-up area was structured as an irregular concentric cycle, which was closely related to the policy guideline of urban development, agreeableness of urban green spaces, and unique urban topography there. This study would benefit urban land use planning and natural resources management and protection.

**Key words:** moving window; urban spatial pattern; landscape metrics; Jinan City.

随着全球城市化进程的进一步深入, 我国也进入了快速城市化的发展阶段。快速城市化引起城市人口增加、建设用地面积扩大、自然资源锐减等一系列城市问题, 相应的城市土地利用空间格局也发生

很大的变化。城市空间格局演变主要表现为城市景观变化, 是景观异质性的具体体现, 并受到自然、经济、社会、人类活动等因素的影响 (Turner *et al.*, 2001; 邬建国, 2007)。城市景观生态学研究主要应用景观空间指标定量化分析城市景观格局即城市土地利用变化, 实现格局与过程的连接, 利于挖掘城市空间格局变化的内在影响因素 (Antrop & van Ee-

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金项目 (30700097, 40701047) 和国家 863 资助项目 (2009AA122005)。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者 E-mail: fanhuakong@163.com

收稿日期: 2010-01-05 接受日期: 2010-04-13

tvelde, 2000; Li *et al.*, 2003; 宋素青等, 2005; 邬建国, 2007; 李蓉等, 2009)。目前, 城市空间格局变化的研究主要侧重不同时间尺度下的景观格局指数量化分析; 快速城市化下的土地利用变化和景观格局时空动态演变分析, 尤其是城乡交错带的梯度变化分析。对城市格局演变主要以自然和人为驱动因素分析为主, 大多停留在因果关系的定性分析和简单的数理统计分析阶段 (Li *et al.*, 2003; 郑中明等, 2009; 周兴东等, 2009)。随着遥感和 GIS 技术的发展和运用, 使综合地、多层次地分析城市景观格局变化成为可能 (王兮之等, 2006)。城市化过程不仅影响城市中各景观成分的具体组成, 同时也影响这些景观要素在空间上的分布与配置。基于遥感和 GIS, 应用移动窗口和梯度分析方法分析监测土地利用和景观格局不同尺度下的动态变化, 较详细地展现城市化下景观格局时空变化分异, 有助于城市土地的合理优化和有序配置。目前移动窗口方法主要与其他相关模型的结合对城市绿地变化进行分析, 以及采用相应的样带作为窗口的大小描述城市化影响下的城市空间的扩展过程 (王辉等, 2006; Kong & Nakagoshi, 2006; 程兰等, 2009)。移动窗口方法与时间序列上的景观特征指数相结合可以更加精确地实现格局变化与过程的连接, 而梯度分析有利于进一步了解城市空间格局的异质性, 以及城市空间格局区域性动态变化特征 (McGarigal *et al.*, 2002; Wu, 2004; Kong *et al.*, 2005)。

本文以济南市为例, 基于 ArcGIS、FRAGSTATS 软件平台, 将景观特征指数、转移矩阵、移动窗口和梯度分析相结合, 分析济南市 1996—2009 年城市空间格局的变化; 同时剖析影响格局变化的主要因子和受城市化影响的程度, 为政府决策者和城市土地利用规划相关部门提供参考。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

济南市是山东省省会 (36°01'N—37°32'N, 116°11'E—117°44'E), 位于山东省中部, 南依泰山, 北跨黄河; 属于暖温带大陆性季风气候, 年均气温 13.6℃, 年均降雨量 650~700 mm; 地貌以低山、丘陵、平原为主; 地势南高北低, 南部为低山丘陵区, 中部山前平原带, 北部为临黄带, 济南境内河流主要属黄河、小清河两大水系, 湖泊主要有大明湖、白云湖等。

近 50 年来, 随着济南城市的快速发展, 人口由

1949 年的 305.20 万增加至 2008 年 603.99 万, 建设用地面积由 1003 hm<sup>2</sup> 增加到 5590 hm<sup>2</sup>。城市土地利用空间结构也随之变化, 类型种类增多, 建筑用地逐渐增加, 耕地面积不断减少。城市空间布局沿原布局——“东拓、西进、南控、北跨、中疏”向东西两翼逐步发展, 形成了“一带 (东部产业带) 一城 (主城区) 一区 (西部片区)”呈“带状分片组团”式的格局 (济南市规划局, 1996; 济南市统计局, 2008)。本文以济南市外环以内区域作为研究对象, 总面积约 817.7 km<sup>2</sup> (济南市统计局, 2008)。

### 1.2 数据及预处理

本研究主要基于济南市 3 个时间段的高分辨率遥感数据, 包括: 1996 和 2004 年的 SPOT 影像数据 (分辨率 5 m, 全色波段和分辨率 10 m, 4 波段多光谱数据) 各 2 景; 2009 年的 ALOS 影像数据 (分辨率 2.5 m, 全色波段和分辨率 10 m, 4 波段多光谱数据) 2 景; 另外, 还有 2000 年的 1:10000 的地形图, 以及从济南市相关行政部分获得的济南市城市规划、人口等相关的统计数据作为济南市格局分析的辅助信息; 其次 2004 和 2009 年暑期实地调研为遥感数据的解译和验证提供重要的参考。

首先基于 ERDAS 软件平台, 对以上遥感影像数据分别进行校正和重采样 (RMS<1 个像元), 并统一转换成 WGS\_1984 坐标体系, 影像均投影为 UTM; 然后应用 Resolution Merge 命令对 1996、2009 年这 2 期数据进行分辨率融合等数据预处理。最后在 Arc/Info 平台上通过目视解译并结合实地调研验证获取 3 个时期的城市土地利用分类现状图 (图 1), 其影像的分类精度达 87.5%。依据实际情况和研究目标, 本研究将济南市土地利用分为 8 类: 居住用地、工业用地、公共设施用地、交通用地、绿地、农业用地、水体和其他用地。

### 1.3 研究方法

**1.3.1 基于景观指数济南市总体空间格局变化**  
城市景观格局是城市空间格局变化的主要指标。景观特征指数主要用来检测和描述景观空间格局的变化, 景观构成变化反应了研究区人类活动对景观的干扰方式和程度 (张利权等, 2004; Buyantuyev & Wu, 2009; Jin *et al.*, 2009)。选取斑块密度、景观百分比指数、景观形状指数、最大斑块指数、斑块类型总面积、香农多样性指数 6 个景观指数作为分析基础, 相应指标的描述和生态学意义参见文献 (邬建国, 2000; Grimm *et al.*, 2000; Xi & Cho, 2007)。

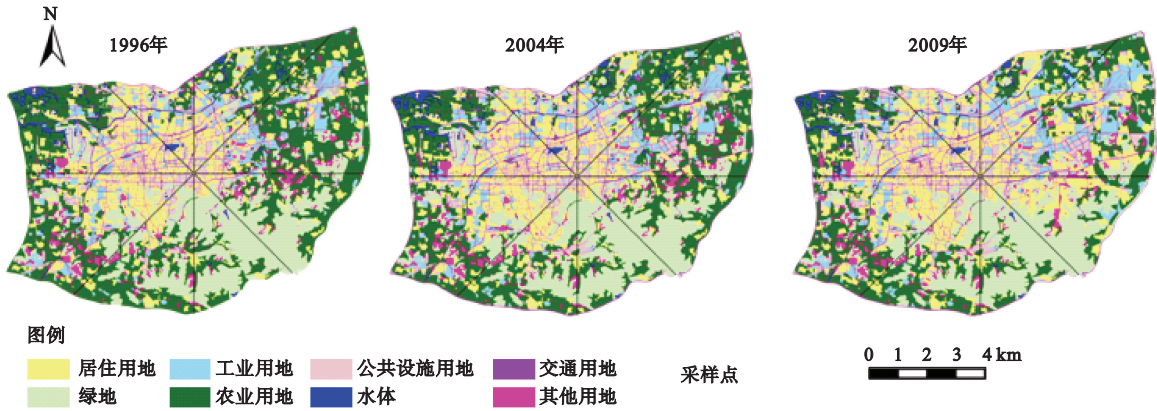


图1 济南市土地利用分类及8方向采样点示意图(1996—2009年)

Fig.1 Map of land-use classification and sampling points at eight directions for Jinan City from 1996 to 2009

**1.3.2 基于土地利用转移矩阵的济南市用地类型变化** 土地利用转换矩阵用于描述一个区域内各种土地利用类型面积之间的相互转换情况,一般用实际转换的面积值以及相应的转换概率来表示不同年份间的土地利用类型转换变化情况。本文基于GIS分析结果,分1996—2004年和2004—2009年2个阶段进行转移矩阵的计算。

**1.3.3 基于移动窗口的济南市景观格局梯度分析** 移动窗口可以从空间上较明确地展现城市景观格局动态变化的空间实现过程,能够更加深入分析城市土地利用变化状况以及由此而引起的城市格局演变(Kong & Nakagoshi, 2006)。移动窗口与梯度分析结合能更好利于城市空间格局动态变化的研究,同时较好地表示景观格局变化与城市化程度之间的关系(Kong *et al.*, 2005; Kong & Nakagoshi, 2006)。移动窗口方法主要是通过对窗口内选中的特征进行统计计算,输出对应所选景观指数的新栅格图(McGarigal & Cushman, 2002)。具体步骤为:1)对济南市土地利用现状矢量图进行缓冲区分析,缓冲区大小与移动窗口大小(500 m)相等;2)将第1步操作后的矢量图转换为栅格图层,栅格大小为10 m×10 m;3)对第2步骤后的栅格图层分别从景观水平和类型水平进行移动窗口分析,得到相应景观指标栅格图。然后基于获取的景观指标栅格图,利用Arc/Info中的Sample命令,从济南市中心到边缘每隔200 m取点,在整个研究区域分8个方向选取样点,最后选取了515个样点(图1)进行梯度分析。

2 结果与分析

2.1 济南市总体空间格局特征

城市的快速发展从全局和局部不同尺度上对城

市景观格局变化产生很大的影响,景观格局的演变状态可以通过不同水平上的景观指数来描述。由表1可见,斑块个数,斑块密度及香农多样性指数均逐渐增加,而最大斑块指数呈逐减变化,表明城市化对城市整体景观格局的影响比较大,城市土地利用的破碎度逐渐增加,不同土地利用类型形状越复杂,景观优势度和聚集度降低。香农多样性指数的增加体现了人为对城市开发利用干扰强度逐渐加大,景观组成越具多样性,而相应的最大斑块指数值下降,最大斑块指数与香农多样性指数在一定程度上呈反比关系。1996—2009年间济南市城市化发展比较迅速,城市开发强度大,各类用地功能混合,大的斑块逐渐被分割或沿边界扩展镶嵌到其他斑块类型中,景观破碎性和分散性加大,城市景观均质性呈增加趋势。

由表2可见,不同土地利用类型间的景观指数特征也存在着明显差异。水体和其他用地变化相对较小。居住用地的斑块类型面积、景观百分比指数、斑块个数、斑块密度、最大斑块指数、景观形状指数在1996—2009年均增加较快,说明其斑块数量与破碎化程度明显增加,斑块的形状越趋复杂,聚集程度加大,这与城市用地扩展以及房地产产业发展密切相关,而城市建成区的扩展主要表现在居住用地的

表1 济南市景观水平上特征指数对比(1996—2009年)  
Tab.1 Comparison of indices in landscape level in Jinan City from 1996 to 2009

年份	斑块个数	斑块密度 (个·km <sup>-2</sup> )	最大斑块 指数(%)	香农多样性 指数
1996	5921.00	11.00	10.80	1.74
2004	6009.00	11.17	10.75	1.80
2009	6361.00	11.82	10.66	1.83



表 2 济南市土地利用结构类型水平特征(1996—2009 年)  
Tab. 2 Characteristics of land use structure in class level in Jinan City from 1996 to 2009

土地类型	年份	斑块类型 面积(hm <sup>2</sup> )	景观百分比 (%)	斑块个数	斑块密度 (个·km <sup>-2</sup> )	最大斑块指数 (%)	景观形状 指数
居住用地	1996	10424.61	19.37	648	1.20	0.50	40.66
	2004	11141.51	20.71	667	1.24	0.47	41.45
	2009	13947.21	25.92	700	1.30	0.67	42.75
工业用地	1996	3871.20	7.19	362	0.67	0.49	28.61
	2004	4387.69	8.15	378	0.70	0.50	29.46
	2009	5377.16	9.99	384	0.71	0.55	30.19
公共设施用地	1996	4214.83	7.83	773	1.44	0.11	35.72
	2004	4874.90	9.06	831	1.54	0.23	36.72
	2009	5210.37	9.68	840	1.56	0.23	36.98
交通用地	1996	2140.41	3.98	2390	4.44	3.43	129.38
	2004	2698.49	5.02	2341	4.35	4.48	130.54
	2009	2874.14	5.34	2330	4.33	4.78	131.58
绿地	1996	12006.12	22.31	423	0.79	10.80	24.92
	2004	11983.32	22.27	463	0.86	10.75	25.80
	2009	11725.79	21.79	579	1.08	10.66	26.58
农业用地	1996	17974.77	33.40	267	0.50	4.79	34.92
	2004	15476.62	28.76	282	0.52	2.81	34.24
	2009	11600.42	21.56	482	0.90	2.45	32.47
水体	1996	1107.98	2.06	734	1.36	0.37	44.24
	2004	1176.34	2.19	745	1.39	0.35	43.86
	2009	1156.61	2.15	747	1.39	0.32	43.98
其他用地	1996	2070.81	3.85	324	0.60	0.23	27.32
	2004	2071.87	3.85	302	0.56	0.24	26.81
	2009	1919.04	3.57	299	0.56	0.13	25.04

开发与建设(Weng,2007),因受开发空间限制和地价影响,居住用地逐渐向城市郊区聚集。工业用地相对于居住用地呈较小幅度的增加变化,随着济南市社会经济发展和工业化进程不断加快,大批工业园区以及大型软件园的相继建成,工业用地总量增加,但受工业产业性质和人为干扰的影响,工业用地越来越聚集在远离人们居住生活的区域;公共设施主要服务于人们日常生活,一般分布在居住用地附近,因此其景观指数随着居住用地景观指标值的变化而波动,变化趋势与居住用地的相似,但变化幅度相比居住用地较小。交通用地的斑块类型面积、景观百分比指数、最大斑块指数和景观形状指数值均为增加,而斑块个数、斑块密度指数值均为减少,表明交通用地总量逐渐增加,原有道路扩建和新道路建设使得道路用地的优势度和聚集程度逐步增加,其相应形状也更具有复杂性,破碎度降低。绿地的斑块类型面积、景观百分比指数和最大斑块指数均呈减少趋势,斑块个数、斑块密度和景观形状指数均为增加变化,说明其总体面积减少,优势度逐渐降低,主要以点缀式分布为主,绿地形状沿多样化方向

发展。这与在济南市经济迅猛发展的过程中,绿地不断遭到侵占和蚕食,以及政府制定的城市绿化政策(如“见缝插绿”(尹海伟和孔繁花,2005)、退耕还草还林)有关。农业用地的斑块个数、斑块密度、最大斑块指数和景观形状指数值均为减少,斑块个数和斑块密度指数均为增加,表明农业用地总量逐步减少,以零星的小块形式存在,同时受人为干扰强度大,其形状趋于简单化。

2.2 土地利用转换矩阵分析

城市空间格局的变化主要体现为城市土地利用变化,其具体变化可以通过不同时间段的土地利用转换矩阵来描述。由表 3 可见,从不同土地类型的总体变化来看,1996—2004 年济南市居住用地、工业用地等建筑用地面积呈增加趋势,而绿地和农业用地面积呈减少变化,其中农业用地减少的幅度较大。增加的居住用地主要由农业用地(4.10%)、绿地(1.22%)、公共设施用地(1.83%)、其他用地(2.25%)转换而来;而转入工业用地的土地利用类型中农业用地、绿地、公共设施、其他用地的所占比重分别为 2.44%、0.05%、0.71% 和 0.70%。由此

可见,这一阶段济南城市建设用地的增加主要以牺牲大量的农业用地和绿地为代价。

由表4可见,2004—2009年较1996—2004年各种土地类型的变化幅度有所增大,其中建设用地总量表现为持续增加,而农业用地、绿地等其他用地则呈减少趋势,居住用地的增加中农业用地的转换率达14.20%,相比1996—2004年,比重增加了10.10%;绿地转为居住用地和工业用地的比重分别提高了0.91%和0.61%;而农业用地转为工业用地的比重提高了2.76%。说明随着济南市城市化进程的持续推进,城市工业园区和软件开发区的建设,

城市人口也在不断集聚,居住用地与工业建设需求快速增长,大量的农业用地和部分绿地不断被城市建设用地所取代。

2.3 景观水平上的梯度分析

由图2可见,景观形状指数最大值主要分布在城市中心4 km附近和东北、西南方向,表明济南城市中心人口密度大,具有紧缩型布局特征;而距市中心10 km左右景观形状指数值较小,城市边缘区域地类结构比较单一。西南东北方向其峰值波动大,此方向土地利用方式变化较大,景观破碎化程度高;而南方向由于受山地影响其值较小;从时间尺度上

表3 1996—2004年济南市土地利用转换矩阵  
Tab.3 Land use conversion matrix for Jinan City from 1996 to 2004

	居住用地	工业用地	公共设施用地	交通用地	绿地	农业用地	水体	其他用地
居住用地	100.98 (96.87)	1.31 (1.25)	0.92 (0.89)	0.20 (0.20)	0.64 (0.61)	0.06 (0.06)	0.00 (0.00)	0.13 (0.13)
工业用地	0.36 (0.93)	37.68 (97.35)	0.54 (1.39)	0.13 (0.34)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
公共设施用地	0.77 (1.83)	0.30 (0.71)	40.61 (96.38)	0.10 (0.24)	0.30 (0.71)	0.03 (0.07)	0.00 (0.00)	0.03 (0.08)
交通用地	0.01 (0.02)	0.00 (0.02)	0.02 (0.08)	21.37 (99.76)	0.02 (0.10)	0.01 (0.02)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
绿地	1.46 (1.22)	0.05 (0.05)	0.28 (0.24)	0.46 (0.39)	117.37 (97.75)	0.04 (0.03)	0.01 (0.00)	0.39 (0.33)
农业用地	7.36 (4.10)	4.39 (2.44)	5.82 (3.24)	4.59 (2.56)	1.26 (0.70)	154.59 (86.00)	0.73 (0.41)	1.01 (0.56)
水体	0.02 (0.15)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.01 (0.13)	0.00 (0.00)	0.02 (0.21)	11.02 (99.51)	— —
其他用地	0.47 (2.25)	0.14 (0.70)	0.55 (2.65)	0.14 (0.66)	0.25 (1.20)	0.01 (0.04)	0.00 (0.00)	19.14 (92.49)

括号内数字代表转换率(%),其他的则代表从1996—2004年不同土地利用类型之间的转换面积(km<sup>2</sup>)。下同。

表4 2004—2009年济南市土地利用转换矩阵  
Tab.4 Land use conversion matrix in Jinan City from 2004 to 2009

	居住用地	工业用地	公共设施用地	交通用地	绿地	农业用地	水体	其他用地
居住用地	110.33 (99.02)	0.26 (0.23)	0.08 (0.07)	0.49 (0.44)	0.15 (0.14)	0.05 (0.05)	— —	0.06 (0.06)
工业用地	0.17 (0.40)	43.60 (99.36)	0.01 (0.03)	0.08 (0.19)	0.01 (0.03)	— —	— —	— —
公共设施用地	0.58 (1.18)	0.39 (0.80)	47.62 (97.71)	0.09 (0.18)	0.05 (0.10)	0.02 (0.04)	— —	— —
交通用地	0.06 (0.21)	0.00 (0.00)	0.03 (0.13)	26.59 (98.43)	0.16 (0.58)	0.18 (0.65)	— —	0.00 (0.00)
绿地	2.56 (2.13)	0.79 (0.66)	0.22 (0.18)	0.09 (0.07)	114.61 (95.64)	0.79 (0.66)	— —	0.79 (0.66)
农业用地	21.98 (14.20)	8.04 (5.20)	3.72 (2.40)	1.23 (0.79)	2.12 (1.37)	114.67 (74.10)	0.15 (0.10)	2.86 (1.85)
水体	0.29 (2.46)	0.01 (0.09)	0.00 (0.00)	0.02 (0.15)	— —	0.06 (0.47)	11.38 (96.83)	— —
其他用地	3.53 (17.04)	0.69 (3.34)	0.41 (1.96)	0.19 (0.92)	0.16 (0.79)	0.24 (1.14)	0.03 (0.13)	15.46 (74.68)

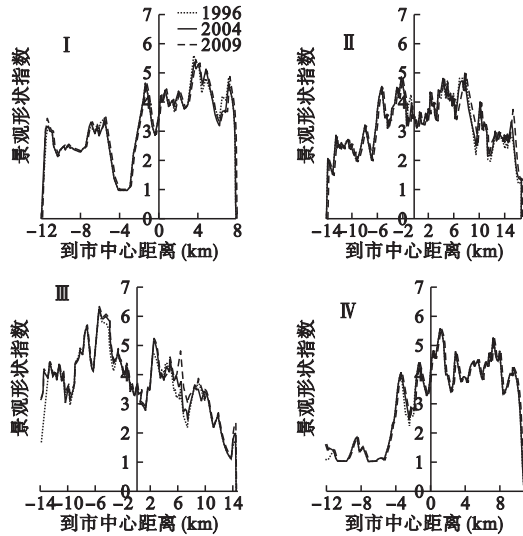


图 2 景观水平上景观形状指数八方向梯度变化 (1996—2009 年)  
Fig.2 Gradient changes of landscape shape index in eight directions in landscape level from 1996 to 2009

I: 南北方向; II: 西南东北向; III: 西东方向; IV: 东南西北向。下同。

看,景观形状指数在 1996—2009 年总体变化趋势相当,因受到城市化进程和发展空间大小和方向的影响,人类干扰活动强度越大,景观格局越具有规则性。2004 与 1996 年相比,南部和东北部边缘区城市景观组成比较单一,其值较小。

由图 3 可见,香农多样性指数峰值分布在市中心附近并逐步扩展,距市中心 4 km 附近人类干扰强度大,土地利用多样性增加,相应其值也较大;在距

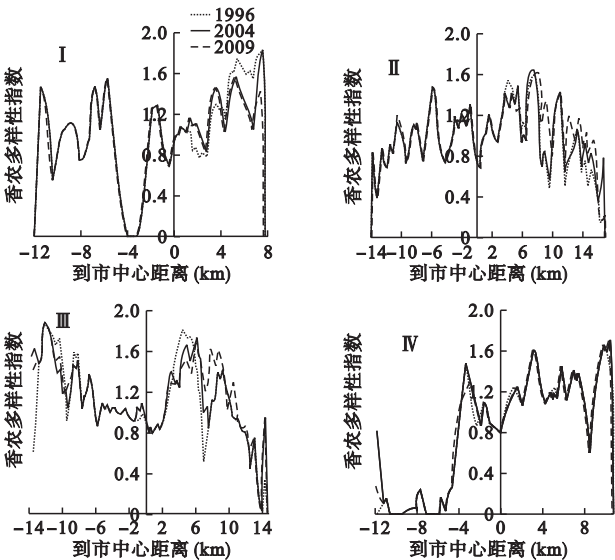


图 3 景观水平香农多样性指数八方向梯度变化 (1996—2009 年)  
Fig.3 Gradient changes of Shannon's diversity index in eight directions in landscape level from 1996 to 2009

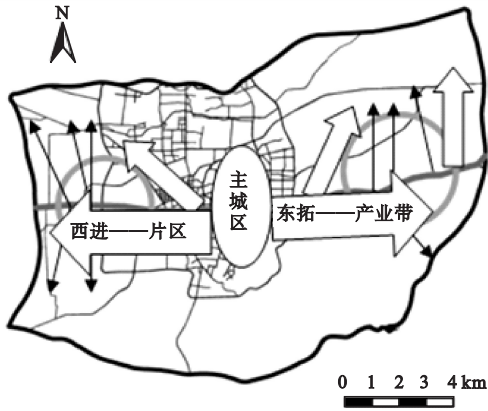


图 4 济南市城市发展布局示意图  
Fig.4 Sketch map of urban development in Jinan City

市中心 10 km 的东北、西南、正东、西北方向多样性指数值波动较大,东北方向主要以工业用地为主,而西南方向居住用地的增加使景观组成成分发生了变化;东西方向道路分布较多,而西北方向居住用地、工业用地、农业用地、道路用地、绿地等土地利用类型同时存在,土地利用类型种类逐步增多。城市中心多样性逐渐减少,这与政府对老城区统一规划,城市以主要交通干线为发展轴的点轴放射型以及中心区呈“东西带状组团式”发展布局(图 4)有关(济南市规划局,1996)。

2.4 类型水平上的梯度分析

由图 5 和图 6 可见,居住用地和农业用地景观百分比指数基本上呈对比分布,居住用地的其较大值主要分布在城市中心,南部和东南部其值相对较小,而农业用地的其最大值主要位于城市边缘区,因为城市中心农业用地分布相对偏少。2009 年较 1996、2004 年居住用地景观百分比指数值总体上有增加的趋势,2004 与 1996 年相比在城市北部、东北部、东部方向其值分布偏大,这与济南市在该方向上空间扩展较大有关,其峰值主要分布在距市中心 6 km 范围内。农业用地八方向梯度采样图与居住用地的呈相反的变化分布,而在距市中心 14 km 左右的东北和东西部,10 km 左右的西北方向,4 km 附近的东南方向以及南部一些区域主要为农业集中分布地,相应的景观百分比指数出现峰值。从整体上看,2009 年相对 1996、2004 年农业用地的景观百分比指数值呈下降趋势,在城市发展过程中,部分农业用地逐渐被居住用地、工业用地等城市建设用地所取代。

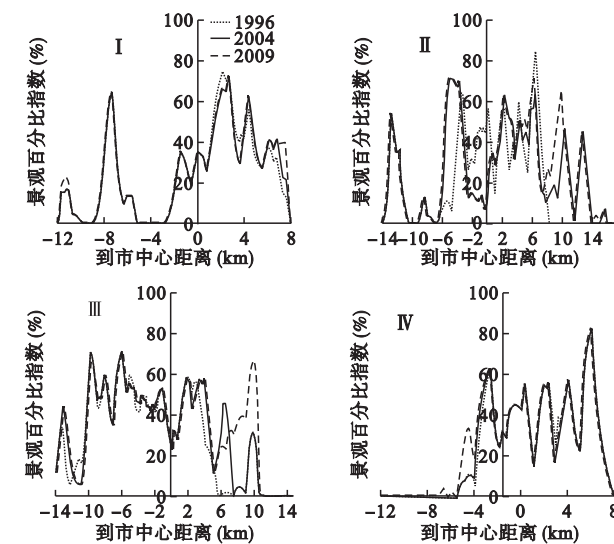


图5 居住用地景观百分比指数的八个方向梯度采样图(1996—2009年)

Fig. 5 Gradient sampling map of percentage of landscape in eight directions of resident land from 1996 to 2009

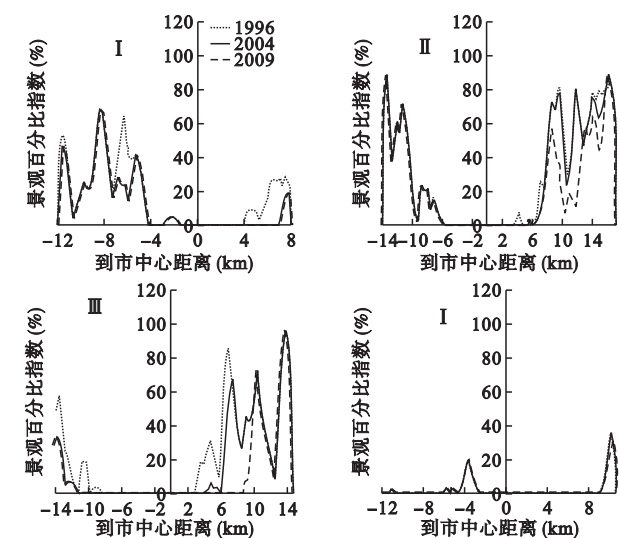


图6 农业用地景观百分比指数的八个方向梯度采样图(1996—2009年)

Fig. 6 Gradient sampling map of percentage of landscape in eight directions of agriculture land from 1996 to 2009

### 3 讨论

本研究使用移动窗口、转移矩阵和梯度分析相结合方法,并应用景观指标对济南城市格局的整体和局部变化进行了定量化分析。结果表明:1996—2009年济南城市建设用地迅速增加,而农业用地和其他用地明显减少;济南市城市建设用地的空间发展很不均匀,这与城市地形、城市发展政策导向及城

市绿地空间的宜人性息息相关;总体上,景观破碎度逐渐增大,其与城市化程度成正相关关系;受城市化影响不同土地利用类型的转换变化强度和趋势有所不同,农业用地向居住用地等其他建设用地的转移面积逐渐扩大;而移动窗口分析结果表明济南市城市扩展方向主要是东北、西南、西北、东西方向,并呈现不规则的同心圆结构。

目前人类活动在一定时期内超越自然因素成为影响城市空间格局变化的主导因素。政府对城市的发展规划应依据济南市特殊的地形,将主要的开发集中在城市的东以及东北西南方向,在开发的同时加大城市绿地的建设,严格控制对农业用地的侵占量,并对古城的一些文化遗迹进行适时保护;多样化发展城市产业,依据济南市泉城特征着重旅游业和服务业等第三产业的发展。

Weng (2007) 研究表明,遥感数据的处理精度以及土地分类方法的选择和类别选取对表征景观格局变化的许多景观指数(如:斑块类型面积、斑块密度、景观形状指数等)存在一定的影响。本文土地利用类型的分类类别较少,精度不高,可能会对分析结果产生一定的影响。因此,今后需进一步探讨土地利用分类方法和分类类别数对景观格局影响程度的研究,探讨其影响的程度和景观指数对其敏感性程度。移动窗口方法中的数据栅格大小以及移动窗口大小的设置,移动窗口执行过程中背景和边缘效应影响的考虑,以及采样方法和不同时间段内的景观指数的选择等,均存在一些不确定性和主观性因素,同时在移动窗口和景观指数以及转移矩阵方法定量化结合方面考虑甚少。因此,需要根据不同研究区域特征进行训练、参数修订及模型构建,以提高分析精度和研究方法的结合程度。

### 参考文献

- 程 兰, 吴志峰, 魏建兵, 等. 2009. 城镇建设用地扩展类型的空间识别及其意义. 生态学杂志, **28**(12): 2593—2599.
- 济南市规划局. 1996. 济南市总体规划(1996—2010). 济南: 济南出版社.
- 济南市统计局. 2008. 济南市统计年鉴(2008年). 北京: 中国统计出版社.
- 李 蓉, 李俊祥, 李 钺, 等. 2009. 快速城市化阶段上海海岸带景观格局的时空动态. 生态学杂志, **28**(11): 2353—2359.
- 宋素青, 王 卫, 袁晓芳. 2005. 张家口坝上地区景观格局分析. 中国农业资源与区划, **26**(3): 36—39.



- 王 辉, 周 睿, 毕晓丽, 等. 2006. 泾河流域平京市城市化影响下景观格局梯度分析. *生态学杂志*, **25**(12): 1476–1480.
- 王兮之, 郑影华, 李 森. 2006. 海南岛西部土地利用变化及其景观格局动态分析. *中国沙漠*, **26**(3): 409–414.
- 邬建国. 2000. 景观生态学——概念与理论. *生态学杂志*, **19**(1): 42–52.
- 邬建国. 2007. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级(第2版). 北京: 高等教育出版社.
- 尹海伟, 孔繁花. 2005. 济南市城市绿地时空梯度分析. *生态学报*, **25**(11): 3010–3018.
- 张利权, 吴健平, 甄 彧, 等. 2004. 基于 GIS 的上海市景观格局梯度分析. *植物生态学报*, **28**(1): 78–85.
- 郑中明, 李 华, 周志翔, 等. 2009. 城市化背景下近 30 年武汉市湿地的景观变化. *生态学杂志*, **28**(8): 1619–1623.
- 周兴东, 于胜文, 赵长胜, 等. 2009. 空间粒度变化对景观格局指数的影响——以徐州地为例. *测绘科学*, **34**(1): 201–202.
- Antrop M, van Eetvelde V. 2000. Holistic aspects of suburban landscape: Visual image interpretation and landscape metrics. *Landscape and Urban Planning*, **50**: 43–58.
- Buyantuyev A, Wu J. 2009. Urbanization alters spatiotemporal patterns of ecosystem primary production: A case study of the Phoenix metropolitan region, USA. *Journal of Arid Environments*, **73**: 512–520.
- Grimm NB, Grove JM, Pickett ST, *et al.* 2000. Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. *Bioscience*, **50**: 571–584.
- Jin SD, Ke W, Yang H, *et al.* 2009. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*, **92**: 187–198.
- Kong FH, Nobukazu N, Yin HW, *et al.* 2005. Spatial gradient analysis of urban green spaces combined with landscape metrics in Jinan City of China. *Chinese Geographical Science*, **15**: 254–261.
- Kong FH, Nobukazu N. 2006. Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China. *Landscape and Urban Planning*, **78**: 147–164.
- Li L, Sato Y, Zhu HH. 2003. Simulating spatial urban expansion based on a physical process. *Landscape and Urban Planning*, **64**: 67–76.
- McGarigal K, Cushman SA. 2002. The Gradient Concept of Landscape Structure: Or, Why Are There So Many Patches [EB/OL]. [2009–11–21]. <http://www.umass.edu/landeco/pubs/pubs.html>.
- McGarigalv K, Ene E, Holmes C. 2002. FRAGSTATS (version 3): FRAGSTATS Metrics. University of Massachusetts – produced program [EB/OL]. [2009–11–21]. [http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats\\_documents.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats_documents.html).
- Turner MG, Gardner RH, O’Neill RV. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. New York: Springer-Verlag.
- Weng YC. 2007. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and Urban Planning*, **81**: 341–353.
- Wu JG. 2004. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: Scaling relations. *Landscape Ecology*, **19**: 125–128.
- Xi JY, Cho NN. 2007. Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along two urban-rural transects: A case study of Guangzhou, China. *Landscape and Urban Planning*, **79**: 96–109.

---

**作者简介** 张琳琳,女,1986年生,硕士研究生。主要从事地理信息系统和景观生态学的研究。E-mail: zly606@126.com

**责任编辑** 刘丽娟

---