

基于 Ripley K 函数的平江县景观格局分析

刘钰欣, 葛大兵*, 王丹

(湖南农业大学 生物科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘要:基于2001、2009和2016年平江县TM遥感影像,应用Ripley K 函数分析了平江县县域景观格局的特征及其变化,以期为平江县的可持续发展及景观规划提供科学依据。结果表明:2001~2016年间,平江县林地和建设用地的面积逐渐增大;耕地、水域和园地面积则逐渐减少,其中水域面积减少趋势较平缓。在研究期间,研究区的各种景观类型在空间分布特征上均发生了显著的改变,总体表现为水域、建设用地和耕地的空间聚集程度降低,分布的均匀度增加;林地的空间分布随着面积的降低聚集性增强;园地的空间分布则趋向于随机分布,聚集程度减弱。图3, 参15。

关键词:Ripley K 函数;景观格局;多尺度;平江县

中图分类号:Q149 **文献标识码:**A

景观生态学一个重要的特点就是具有尺度效应,因此对于尺度问题的分析也成为了景观生态学及相关学科研究的热点^[1]。目前对于景观格局与尺度依赖的分析已经有了众多成果,如小波分析、地统计学、空隙度法等都有了较为成熟的应用,并取得了一定成果^[2-4],而空间分析中,样方、样带等方法应用也比较广泛^[5],上述方法可以认为是基于面状景观研究,相比较而言,点格局分析则较少应用。

Ripley K 是一种能够实现在多尺度下对景观格局进行有效分析的空间点格局分析法。景观类型的斑块大小以及空间聚集程度能够很好的从该分析法所提供的空间特征尺度和强度两个指数反应出来,并且在景观格局上的研究过程中逐渐表现出该方法简单高效等优点^[6-9]。借助RS和GIS技术,利用Ripley K 函数在多个空间尺度上对平江县的景观格局进行分析,研究其2001~2016年间景观格局的特征及其变化,以期为平江县的可持续发展及景观规

划提供科学依据。

1 研究区概况

平江县,隶属于湖南省岳阳市,位于湖南省东北部,地理位置东经113°10'13"~114°09'06"、北纬28°25'33"~29°06'28"之间,处汨水、罗水上游,汨罗江自东向西贯穿全境。东接壤于江西修水县、铜鼓县;南与浏阳市毗邻;西与长沙县、汨罗市交界;北则与岳阳县和湖北省的通城县相连。土地总面积411 806.18公顷,辖27个乡镇,778个村。

平江县地貌以山地和丘陵为主,地势西南部低,东南部和东北部高,相对高度达1500米。山丘分别属连云山脉和幕阜山脉。境内气候属大陆性季风气候区,东亚热带向北亚带过渡气候带,春温多雨、夏秋多旱、严寒期短。境内有汨罗江和新墙河两大水系,河网交错纵横,汨水自东向西贯穿全境,境内全长192.9 km。

收稿日期:2017-02-12

基金项目:湖南省岳阳市平江县生态县规划研究(编号:PJ2013HB0121)

作者简介:刘钰欣(1989-),女,江西吉安人,硕士研究生,研究方向:景观生态规划。

* 通讯作者,E-mail:1157630608@qq.com

2 景观格局分析方法

2.1 数据来源及预处理

研究是采用中科院地理空间数据云上下载的2001、2009和2016年lansatTM三期遥感影像为数据源,同时以2014年平江县土地利用矢量现状图、平江县年鉴、平江县土地利用总体规划为辅助数据,参照中国科学院资源环境分类系统,利用ERDAS软件对

遥感影像进行波段选择与组合、统一投影坐标系、几何校正、数据融合等预处理,在ArcGIS10.0软件的支持下,获取平江县土地利用类型图.为了使景观类型与土地利用类型吻合,在参考第二次全国土地利用调查土地分类的基础上,结合平江县的土地利用格局整体特征,将研究区3个年份的TM遥感影像划分为水域、林地、园地、耕地、建设用地和其他未利用地6类^[10](图1),并在ArcGIS Desktop 10.0中将IMG格式文件转变为SHP矢量格式文件.

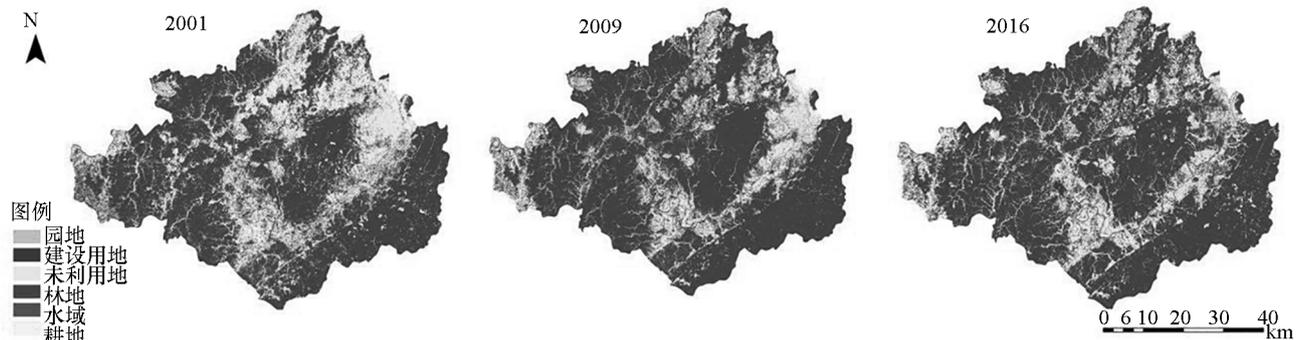


图1 2001、2009、2016年平江县景观分类图

Fig.1 Landscape classification map of Pingjiang County in 2001, 2009 and 2016.

2.2 Ripley K 基本函数

Ripley K 作为“点格局分析”(point pattern analysis)的常用分析方法,其优点在于不仅能够对景观格局进行多尺度研究,而且能同时利用 Monte Carlo 模拟法还可以对数据进行显著性验证,能够最大化的减少遥感影像分类的巨大工作量,并且精度可靠.计算公式如下:

$$K(d) = A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\delta_{ij}(d)}{n^2} \quad (1)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j, d_{ij} \leq d$$

$$L(d) = \sqrt{\frac{k(d)}{\pi}} - d \quad (2)$$

式中, A 、 n 、 d 分别代表研究区域的总面积、随机点个数、空间尺度; d_{ij} 是随机点 i 与 j 的距离值, $\delta_{ij}(d) = 1(d_{ij} \leq d)$ 或 $\delta_{ij}(d) = 0(d_{ij} > d)$. Besag 等提出用 $L(d)$ 代替 $K(d)$, 不仅能保持方差稳定而且能够使期望值线性化^[11].

2.3 数据处理

研究利用 ArcGIS10.0 软件工具箱中的 Spatial

Statistics 工具在研究区范围内生成 4 000 个随机点,并将该随机点图层分别和三个年份的景观类型分类图层进行矢量叠置分析,获得各随机点的所属类型;然后利用 Spatial Statistics 工具中的 Ripley K 函数进行三期景观类型分析和显著性检验.基于 ArcGIS10.0 软件计算 Ripley K 函数的 $L(d)$ 函数值,设置研究半径每次增加 1 000 m,共计算 20 次;边界校正采用模拟边界外值法(simulate outer boundary values)如图 2;通过蒙特卡洛模拟法来检验 Ripley K 偏离随机性的显著性,设置置信度为 99%.

把 ArcGIS 10.0 中得到的 .dbf 格式计算结果导入到 Excel 软件,生成 d 值、上包迹线、下包迹线与 $L(d)$ 值的关系图.若 $L(d)$ 观测值大于上包迹线,则该景观类型空间分布呈显著聚集性;小于下包迹线,则其空间分布呈现显著均匀性;处于上包迹线与下包迹线之间,说明其空间分布具有显著的随机性.当 $L(d)$ 观测值大于预期值,观测值曲线越远离预期值曲线则该分布聚集程度越强;当 $L(d)$ 观测值小于预期值,观测值曲线越远离预期值曲线则该分布的离散程度越强.

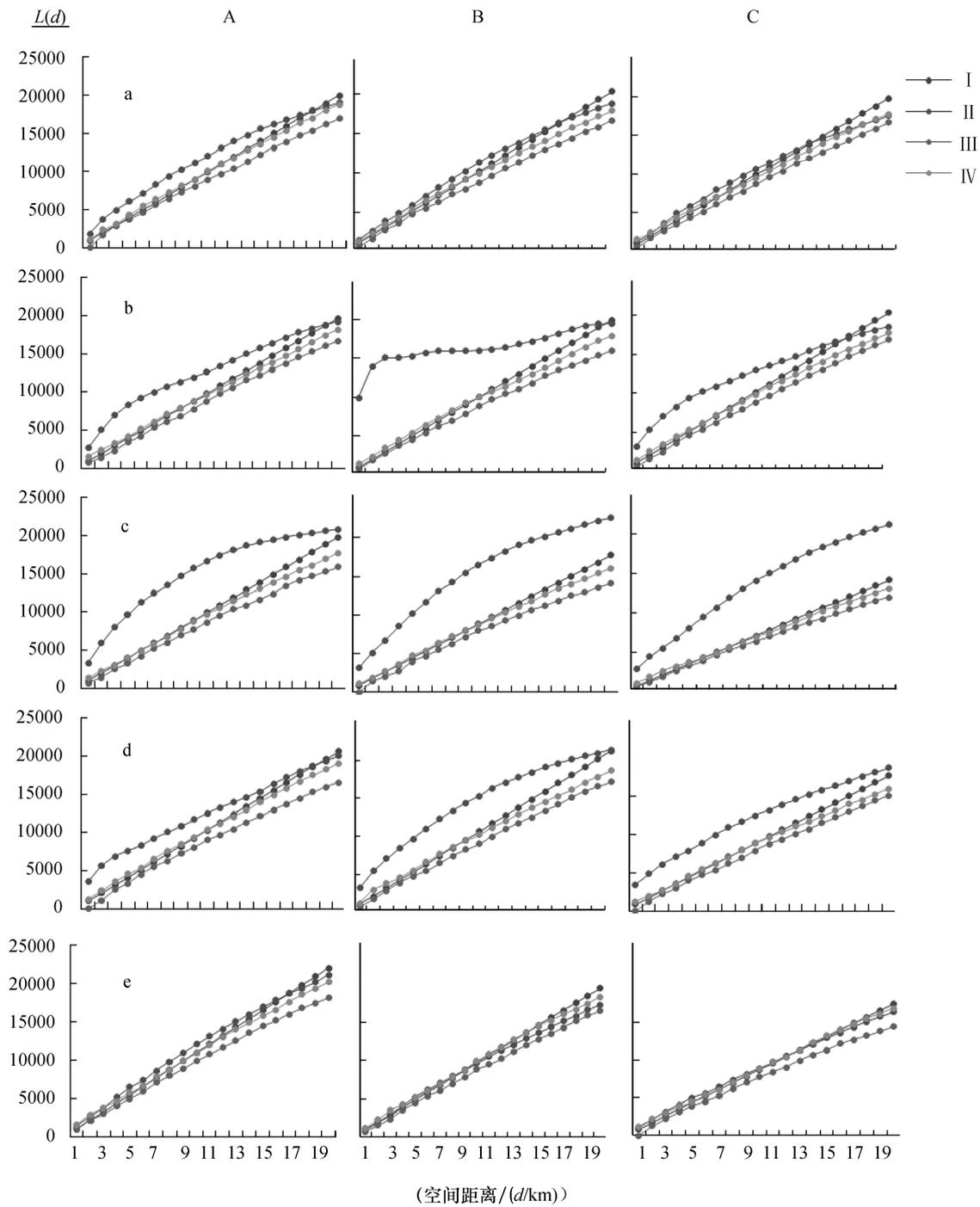


图2 2001(A)、2009(B)和2016年(C)研究区各景观类型的 Ripley $L(d)$ 指数分析

Fig.2 Ripley's $L(d)$ index analysis of different landscape types in the research in 2001(A), 2009(B) and 2016(C).

注: a 耕地 Farmland; b 建设用地 Construction land; c 林地 Forestland; d 水域 Waters; e 园地 Garden land. I : $L(d)$ 预期值 ExpectedK; II : 观测值 ObservedK; III : 下包迹线 Low confidence envelope IV : 上包迹线 High confidence envelope.

3 结果与分析

3.1 平江县景观格局特征

在研究区域,林地所占面积比例最大,连通性最好,是平江县最基本的土地利用类型;耕地、水域、建设用地、园地和其他未利用土地则以斑块或廊道形式镶嵌于其中(图1、图3)。然而随着土地利用方式的不断调整变化,平江县土地利用状况和景观格局均发生了一定程度的变化。研究中分别统计分析了2001、2009和2016年平江县的土地利用结构,分析发现:2001到2016年间,研究区林地和建设用地面积逐渐增大,其中林地的增长幅度最大,从2001年的67.74%增大到2016年的69.18%;耕地和园地面积则逐渐减少,且园地的减幅最大,由2001年4.42%减少到2016年的3.7%;水域面积则减少趋势较平缓。从图2可以看出,平江县建设用地、水域、和林地所有研究尺度下均呈显著的聚集分布,林地的聚集强度要明显的大于水域和建设用地;在小尺度下,耕地和园地的空间分布表现出聚集性,当研究尺度的不断增大,空间格局转为随机性。在研究区域中,一个最大的异质性表现尺度存在于园地的空间分布中,在此尺度下,园地的空间分布格局呈现出宏观异质性特征;超过该研究尺度后则表现出微观异质性特征^[3]。

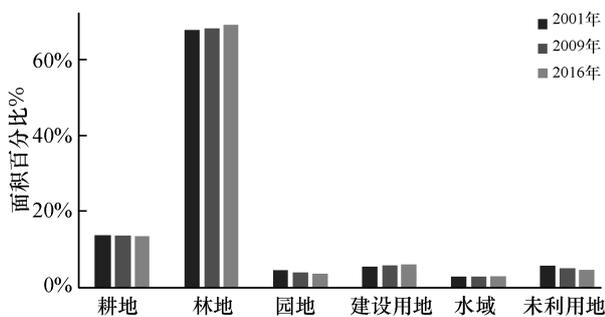


图3 平江县土地利用面积对比图

Fig.3 Comparison of land use area in Pingjiang County

3.2 平江县景观格局的变化

空间尺度 d 值从 1 km 增加到 20 km 的过程中,某景观类型空间聚集的特征可通过该空间尺度 $L(d)$ 值出现的第一个峰值所对应的 d 值来表示,景观类型的空间分布聚集程度可以用 $L(d)$ 的第一个

峰值来衡量^[12]。

根据图2从景观格局变化的角度分析,2001年研究区耕地的特征空间尺度是 19 km,到2016年减少到 15 km,2001年空间尺度 2~13 km 处空间聚集强度较强,之后开始表现出明显的变弱趋势;在 1~3 km 和 18~20 km 的空间尺度上2016年的耕地观测值落入上下包迹线内,表现为空间随机分布特征。2001~2016年年间耕地的空间聚集强度明显降低,说明研究期间平江县耕地分布范围变大,空间聚集分布的特征减弱,均匀程度则逐渐增强。

建设用地的特征空间尺度在 2001 和 2009 年均均在 20 km 处,2009 年在 3 km 处有较明显的拐点,在 1~3 km 空间尺度上建设用地的空间聚集强度急剧增强,该尺度之后逐渐减弱;而 2016 年最大集聚尺度为 17 km,且观测值曲线变得平滑并向上包迹线靠拢,空间聚集强度有变弱的趋势。在 17 km 的空间尺度之后,2016 年的 $L(d)$ 值要明显小于 2001 和 2009 年,说明在大尺度范围内建设用地空间分布的聚集强度降低,随着分布范围增大,均匀度特征增加,其原因在于建设用地在平江县范围内相对均匀地快速增加使其空间分布变得更加相对均匀,空间聚集性减弱,这也是平江县快速城市化进程的体现。

林地结果变化较为剧烈,可以看出林地与研究期内无明显的集聚峰值出现。2001 和 2009 两个年份在空间尺度 d 分别小于 9 km 和 10 km 时研究区林地表现为空间聚集度不断增大,在此空间尺度值之上则聚集强度慢慢变弱;2016 年随着空间尺度的不断增大,观测值 $L(d)$ 也呈现逐渐增大的趋势,空间聚集强度较强,到 13 km 尺度增速变缓,空间聚集强度变缓;较之 2001 年在大尺度上的聚集强度,2016 年的聚集强度明显增强。分析表明林地的空间聚集程度先增强后减弱,说明林地的空间分布随着面积的不断降低聚集性增强。

从水域分析结果可以看出,2001 年的特征空间尺度表现在 19 km,然而在 2009~2016 年研究期内并无明显的集聚峰值出现。在空间尺度 3 km 之后,2001 年水域空间分布的聚集强度逐渐变弱,空间分布有均匀化趋势;后两期 $L(d)$ 值都处于上包迹线之上,但 2016 年 $L(d)$ 值曲线更贴近于上包迹线,则在研究尺度范围内 2009 年水域景观空间分布的聚集程度要明显高于 2016 年,说明随着空间尺度上水域面积的变化,其均匀度特征增强。

园地在 2001、2009 和 2020 年三个年份,特征空间尺度 d 的临界值分别为 17 km、10 km 和 10 km,在空间尺度 d 分别小于三期临界值时,研究区的园地表现为显著聚集性的空间分布形式,由于三期的观测值 $L(d)$ 曲线都贴近于上包迹线,表明了园地空间聚集强度较弱,空间分布的均匀程度增强.在空间尺度 10 km 之后,2009 和 2016 年的观测值落在上下包迹线之间,并有逐渐靠近下包迹线的趋势,说明在该尺度上园地的空间分布呈现出随机分布趋势.

4 讨 论

研究借助点格局理论,依托于遥感和地理信息技术,应用 Ripley K 分析了平江县景观格局 16 a 间的变化情况.分析结果显示,2001~2016 年间,平江县耕地和建设用地的面积逐渐增大,林地和园地的面积逐次减少,而水域面积则先增大后减少,但总体呈减少趋势.水域、林地和建设用地在研究中所有尺度下均呈现出显著的聚集空间格局,且林地和建设用地的空间聚集性要强于水域;园地的空间格局在小尺度下表现出空间聚集性,而在大尺度上趋于随机性;耕地在研究末期的大尺度下的空间分布表现出随机性.在研究期间,研究区的各类景观类型在空间分布上均发生了显著的改变,总体表现为水域、建设用地和林地的空间聚集度降低,分布的均匀程度增加;耕地和园地空间分布的趋于随机分布,聚集程度减弱.

Ripley K 函数是除空隙度法、小波分析及地统计学或空间统计学等方法之外,能够联系尺度与景观格局的有效手段^[3,4,13-14].与景观指数分析法相比,Ripley K 函数能够从多尺度进行景观格局分析,且能更加直观的反映景观格局特征及其变化,但内容上却不及景观指数法那么丰富和全面,因此,Ripley K 函数可以作为景观指数法的支持和补充.但是,由于 Ripley K 函数的统计分析会受到 Monte Carlo 次数的影响,试验次数的不同会得出不同的显著性检验值,所以 Monte Carlo 次数的选择成为 K 函数估计的关键;其次,Ripley K 函数具有明显的尺度积累效应^[15],对反映不同尺度的空间格局具有一定的误差性,如何克服这一弊端也成为日后研究的重点.

参考文献:

- [1] Wu J. Scaling and Uncertainty Analysis in Ecology: Methods and Applications [M]. Netherland: Springer, 2006.
- [2] 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[J].生态学报,2000,20(3):378-383.
Zeng Hui, Jiang Chuan-ming. Landscape structure study of Longhua Area in Shenzhen City during the fast urbanization process Structure and heterogeneity analysis of forest land [J]. Acta Ecologica Sinica. 2000, 20(3): 378-383.
- [3] 曾 辉,邵 楠,郭庆华.珠江三角洲东部常平地区景观异质性研究[J].地理学报,1999,54(3):255-262
Zeng Hui, Shao Nan, Guo Qing-hua. A study of landscape heterogeneity for the changing area in the eastern part of Zhujiang Delta [J]. Acta Geographica Sinica, 1999, 54(3): 255-262.
- [4] 蔡博峰,于 嵘.景观生态学中的尺度分析方法[J].生态学报,2008,28(5):2279-2287.
Cai Bo-feng, Yu Rong. Comparison on spatial scale analysis methods in landscape ecology [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 2279-2287.
- [5] Haining R. Spatial Data Analysis Theory and Practice [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [6] 高 凯,周志翔,杨玉萍,等.基于 Ripley K 函数的武汉市景观格局特征及其变化[J].应用生态学报,2010,21(10):2621-2626.
Gao Kai, Zhou Zhi-xiang, Yang Yu-ping, et al. Characteristics and changes of landscape pattern in Wuhan City based on Ripley's K function [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(10): 2621-2626.
- [7] 王金亮,黄志霖,邵景安,等.林地景观格局的样带梯度分布与空间聚集特征——以重庆三峡库区生态屏障区为例[J].地理科学进展,2013,32(2):308-317.
Wang Jin-liang, Huang Zhi-lin, Shao Jing-an, et al. Sampling Gradient Distribution and Spatial Agglomeration Characteristics of Forest Landscape Patterns: A Case Study of Chongqing Ecological Zone in Three Gorges Reservoir Area [J]. Progress in Geography, 2013, 32(2): 308-317.
- [8] Kraft C E, Padilla D K. Landscape patterns of an aquatic invader: assessing dispersal extent from spatial distributions [J]. Ecological Applications, 2002, 12(3): 749-759.
- [9] Roose A, Sepp K, Saluveer E, et al. Neighbourhood-defined approaches for integrating and designing landscape monitoring in Estonia [J]. Landscape & Urban Planning, 2007, 79(2): 177-189.
- [10] 姜欢欢,李继红,范文义,等.三峡库区秭归县景观格局

- 变化及模拟预测[J].应用生态学报,2009,20(2):474-479.
- Jiang Huan-huan, Li Ji-hong, Fan Wen-yi, et al. Landscape pattern change and its simulation forecast in Zigui County of Three Gorges Reservoir Area [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(2): 474-479.
- [11] BESAG J E. Comment on Ripley's Paper [J]. Journal of Royal Statistic Society (Series B), 1977, 39: 193-195.
- [12] O'Driscoll R L. Description of spatial pattern in seabird distributions along line transects using neighbour K statistics [J]. Marine Ecology Progress, 1998, 165(1): 81-94.
- [13] Plotnick RE, Gardner RH, O'Neil RV. Lacunarity indices as measures of landscape texture [J]. Landscape Ecology, 1993, 8: 201-211.
- [14] 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[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2000, 36(2): 221-230.
- Zeng Hui, Jiang Zi-ying, Yu Hong, 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.
- [15] 冯玉婷, 常禹, 胡远满, 等. 大兴安岭呼中森林景观的空间点格局分析[J]. 生态学杂志, 2012, 31(4): 1 016-1 021.
- Feng Yu-ting, Chang Yu, Hu Yuan-man, et al. Spatial point analysis on forest landscapes in Huzhong of Great Xing'an Mountains, Northeast China [J]. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(4): 1 016-1 021.

Study on Landscape Pattern in Pingjiang Country Based on Ripley's K

LIU Yu-xin, GE Da-bing, WANG Dan

(College of Biological Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: By using Ripley's K and taking TM remote sensing images of Pingjiang County in 2001, 2009 and 2016 as data sources, the characteristics and changes of the landscape pattern in Pingjiang County were studied so as to provide scientific basis for its sustainable development and landscape planning. The results showed that from 2001 to 2016 in Pingjiang County, the areas of forestland and construction land increased largely, while those of farmland, waters and garden land decreased gradually, among which the trend of the waters was reducing more gentle. In addition, the spatial characteristics of all landscape types changed variously. On the whole, the spatial aggregation degree of waters, construction land and farmland decreased and became more uniform. Meanwhile, the spatial characteristic of forestland increased with the decrease of the area, and that of the garden land tended to be randomly and its aggregation degree decreased. 3figs., 15refs.

Keywords: Ripley K ; landscape pattern; multiscale; Pingjiang County

Biography: Liu Yu-xin, female, born in 1989, master, landscape ecological planning.