

土地经济生态位变化下的城乡空间景观格局表征 ——以广东省惠州市为例

吴 箐¹, 李 宇^{1,2}

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275; 2. 环境保护部华南环境科学研究所, 广东 广州 510655)

摘要: 土地利用变化对生物多样性和生态过程有着深刻的影响, 与城乡景观格局变化密切相关。尝试将土地利用变化驱动力——土地经济生态位的理论和方法引入到景观生态学当中, 为城乡空间景观格局空间表征提供新的方法。通过选取表征景观格局指标的破碎化指数、分形维数, 利用 Envi4.8、Arcmap10.0、Fragstats4.1 等软件, 以广东省惠州市为例, 在分析土地经济生态位与景观类型、景观指数之间的关系基础上, 对土地经济生态位变化下的城乡空间景观格局进行表征。结果表明: 不同景观土地面积数量的增减与该类型土地经济生态位升降具有一致性的规律, 土地经济生态位上升, 相应的景观土地面积增大, 反之则减小; 土地经济生态位越小, 表征景观格局的景观破碎化指数、分维数指数越大, 破碎化指数与分维数指数的增减与土地经济生态位升降表现出一致性的规律, 土地经济生态位上升, 相应的破碎化指数、分维数指数则增大, 反之则减小; 城乡空间景观格局变化的发生主要出现在土地经济生态位高的区域。土地经济生态位的变化是城乡景观格局变化的重要影响因子, 能够很好解释城乡空间景观格局特征。

关 键 词: 景观格局; 土地经济生态位; 破碎化指数; 分形维数; 惠州市

中图分类号: K909 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2014)06-0705-06

20 世纪 80 年代景观生态学兴起以来, 景观格局作为其核心研究内容, 已形成了景观指数^[1]、空间统计特征比较^[2]、马尔柯夫转移矩阵^[3]等景观空间分析的指标和方法。其中景观指数方法由于其具有高度浓缩景观格局信息, 能够反映景观结构组成和空间配置特征且表达简单量化等特征^[4], 在景观格局分析和动态研究中应用最为广泛。随着 GIS 技术的推广, 以及 Fragstats、Apack 等免费软件包的升级^[5], 有关景观指数的研究不断推陈出新, 出现了如斑块形状指数、分维度、景观多样性、均匀度、优势度、破碎度、分离度、粒度度等多个量化景观指数指标, 但目前众多的景观指数之间存在生态学过程指示性不足、景观信息重叠、尺度干扰大等方面的不足^[6-8], 且在对景观的表达上, 虽然通过各类指数的计算, 可以揭示景观的演变、更替等各种景观格局, 但却无法揭示其背后的驱动因子和影响因素。

生态位理论作为生态学的基础理论之一, 反映

的是不同物种占有新生境的能力。近年来该理论与土地资源的研究联系越来越紧密^[9-11], 张侠^[12]、倪九派^[13]等在生态位态势理论的基础上构建了土地生态位的理论和模型。土地生态位反映了在土地利用系统中各类型用地所能占据的空间、所处的地位和所具有的功能^[12, 13], 量化表达为不同土地类型利用或占用新生境的能力。土地生态位越大, 表明该类土地占用新生境的能力越强。在空间层面, 土地生态位是不同地域单元之间相互作用力大小的量度^[14], 土地生态位越大, 地域空间单元吸引人流、物流的能力越强。同时在土地生态系统中, 土地利用类型存在由低生态位向高生态位转变的自组织行为^[12], 土地生态位的变化是这一自组织过程的推手, 城市化进程对这一自组织行为具有加速作用。

土地生态位驱动下的土地利用类型变化, 对区域物质循环和能量流动产生直接或间接的影响^[15, 16], 是区域土地景观格局改变的重要因素之一, 因此借鉴土地生态位的理论和方法用以表征

收稿日期: 2013-07-05; 修订日期: 2013-12-25

基金项目: 环境保护部东江流域水污染控制与生态系统恢复技术与综合示范项目(2009ZX0721-005)资助。

作者简介: 吴 箐(1966-), 女, 云南昆明人, 副教授, 主要从事区域发展与土地利用研究。E-mail: wuqing@mail.sysu.edu.cn

城乡空间景观格局具有十分重要的意义。本文以广东省惠州市为例,在众多定量指标中,基于本文研究尺度及景观格局指标的生态学意义,选取了表征人为干扰强度和景观稳定性的2个常用指标——景观破碎化指数、分维数指数,从土地经济生态位与景观类型变化、景观指数变化的关系着手,阐明土地经济生态位对区域景观格局变化的表征。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

惠州市属于广东省珠三角9市之一,与深圳、香港毗邻,有“粤东门户”之称。市域面积 11 158 km²,海岸线长 223.6 km,辖惠城区、惠阳区、惠东县、博罗县、龙门县 2 区 3 县,2012 年城市化率 63.9%^[17]。惠州市以外向型产业为主导,拥有全国最大的引进外资项目,已形成石化和电子信息两大支柱产业。区域内生物资源丰富,森林覆盖率达到 60%以上,生态、人居环境优势明显,已获得包括“国家卫生城市”、“中国优秀旅游城市”、“国家环境保护模范城市”在内的十多项殊荣。

1.2 数据来源

本研究数据包括 1988 年、2000 年、2005 年和 2011 年的惠州市 Landsat-5 卫星 TM 遥感影像图、惠州市统计年鉴^[18]。首先采用 Envi4.8 软件对研究区域 1988 年、2000 年、2005 年、2011 年 4 期遥感影像(30 m 分辨率)进行监督分类获得土地利用分类图。根据本研究需要,并根据“区分差异性、归纳共同性”原则,参考全国《土地利用现状分类》GB/T21010-2007^[19]将土地利用类型分成建设用地、园地、耕地、林地和水体 5 类,得到本文的基础数据库。其次,将解译后的土地利用图在 Arcmap10.0 中转化为栅格格式,导入到 Fragstasts4.1 软件进行景观破碎化、分维数指数计算。

2 研究方法

2.1 土地经济生态位计算方法

土地生态位在内涵上是一个社会、经济、自然的多维概念,但在市场经济条件下,主要体现为土地经济生态位,因此,本文侧重于考虑土地经济生态位,具体的计算公式如下^[12]:

$$N_i = \frac{S_i + A_i P_i}{\sum_{j=1}^n (S_j + A_j P_j)}, S_i = \frac{M_i X_i}{R_i}, P_i = \frac{Y_i}{R_i} \quad (1)$$

式中, N_i 为不同土地利用类型或不同地域的土地经济生态位; S_i 、 P_i 为不同土地利用类型或不同地域的态和势; A_i 为量纲转换系数; $M_i X_i$ 为土地面积与单位面积收益的或地域面积与单位面积收益的乘积,即第*i*类土地利用的总收益或地域国内生产总值; Y_i 为第*i*类土地经济收益的年增长量或国内生产总值年增长量; R_i 为附着在第*i*类土地利用类型上的人口数量或某一地域人口数量。

2.2 景观分析指数计算方法

1) 景观破碎化指数(FN):景观的破碎化状况是景观格局的重要属性特征之一,它与人类活动密切相关,同时与自然资源的保护互为依存。破碎度指数的高低可以表征景观被分割的破碎程度,从而反映景观空间结构的复杂性和人类对景观的干扰程度。破碎度指数值越小,则景观斑块具有较好的完整性,破碎度指数值越大,表明受人类活动干扰强度大。计算公式为^[20]:

$$FN = \frac{MPS(n-1)}{A} \quad (2)$$

式中:FN 是破碎化指数,A 是景观类型面积,MPS 是景观里各类斑块的平均斑块面积,n 是景观类型斑块的总数。

2) 分维数指数(FD):主要是反映复杂形体占有空间的有效性,它是复杂形体不规则性的量度,其值在 1~2 之间。应用分维数指数可以定量来描述某类型景观核心面积的大小及其边界线的曲折性。分维数越趋近于 1,景观斑块具有较小的核心面积和较大的边界曲折性,斑块的几何形状越趋于规则;反之,分维数越趋近于 2,景观斑块具有较大的核心面积和较小的边界曲折性,斑块的几何形状趋于不规则。计算公式为^[21]:

$$FD = \frac{\ln A}{2 \ln (P/4)} \quad (3)$$

式中,FD 表示分维数;P 为斑块周长;A 为斑块面积。

3 惠州市土地经济生态位变化下的城乡空间景观格局表征

3.1 土地经济生态位与景观类型变化

根据公式(1)计算惠州市 1988~2011 年的土地经济生态位。从表 1 可知 1988~2011 年惠州市各类景观土地经济生态位的变化特征为:建设用地由 1988 年的 0.411 增加到 2011 年的 0.640,年均增长 2.42%;耕地的经济生态位先下降后上升,2000 年以后由 0.102 上升到 0.114,年均增长 1.10%,建

设用地的年均增长率在三者中是最快的;园地的经济生态位亦先下降后上升,总体表现为上升趋势,由0.139下降到0.116,2011年上升到0.142,年均增长0.82%;林地的经济生态位不断下降,由1988年的0.089下降到2011年的0.037,下降幅度达到年均2.91%;水体的土地经济生态由0.175下降到0.074,下降幅度达到年均2.52%。土地经济生态位总体变化特征为建设用地、耕地、园地的经济生态位不断上升,林地和水体的经济生态位呈下降趋势;这与城市化过程中土地利用变化趋势保持一致,可见城市化过程是导致生态景观改变的重要推手。

表1 惠州市1988~2011各类景观土地经济生态位

年份(年)	建设用地	耕地	林地	水体	园地
1988	0.411	0.186	0.089	0.175	0.139
2000	0.619	0.102	0.037	0.127	0.116
2005	0.631	0.103	0.032	0.113	0.121
2011	0.640	0.114	0.030	0.074	0.142

以惠州市1988年、2000年、2005年、2011年遥感解译图像为依据,对各景观类型土地面积进行栅格统计得到图1。从图1可知,1988~2011年惠州市各类土地的特征为:林地是主要的用地类型,其次是耕地、园地和建设用地;在各类用地中,建设用地、耕地、园地景观面积从1988~2011年呈现不断增加的态势,其中建设用地由330.25 km²增加到496.30 km²,增加了166.05 km²;耕地由2 022.83 km²增加到2 594.25 km²,增加了571.41 km²;园地由295.32 km²增加到659.95 km²,增加了364.63 km²;而惠州市景观变迁主要贡献者是林地和水体,其景观面积从1988~2011年呈现不断减少的态势,林地由8 287.69 km²减少到7 217.58 km²,减少了1 070.11 km²;水体由339.90 km²减少到307.50 km²,减少了32.40 km²。

比较表1和图1,惠州市建设用地、耕地、园地在1988~2011年期间,出现建设用地、园地、园地景观面积增大与土地经济生态位同步增大的趋势;与此同时,林地、水体土地经济生态位不断下降与用地面积不断减少的同步特征,表现出各景观类型的在数量变化上与相应的用地土地经济生态位变化一致性的规律,由此可见土地经济生态位是

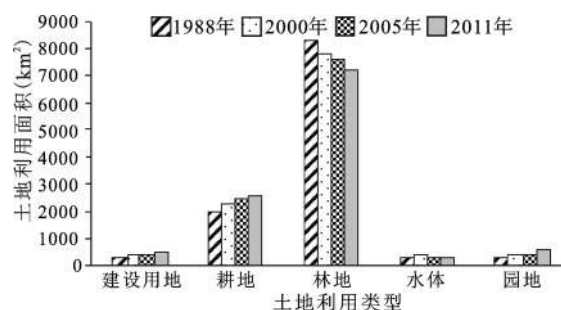


图1 惠州市1988~2011年各类景观土地面积

Fig.1 The area of landscape from 1988 to 2011 in Huizhou

推动景观面积变化的驱动力。

3.2 土地经济生态位与景观破碎度指数变化

从1988~2011年惠州市景观破碎化指数的绝对值来看(图2),林地的破碎化指数最大,在景观生态学中,该景观类型被分割的破碎化程度高,景观空间复杂、异质化程度高;结合土地经济生态位来看(表1),林地的土地经济生态位最低。破碎化指数方面,建设用地、水体、园地的破碎化指数相对较低,原因是该类景观由大量的人工构筑物构成,形状较为方正、规则;这类景观被分割的破碎化程度低,景观空间结构简单、均质化程度高,该类景观的土地经济生态位相对较高。耕地的破碎化指数介于两者之间,其破碎化的程度亦介于两者之间,耕地的经济生态位要高于林地,但低于建设用地、水体、园地。因此,土地经济生态位数值越低,该景观类型破碎化程度越高,景观发生转变的可能越高。

从1988~2011年景观破碎化指数的动态变化来看,建设用地、耕地、园地随着时间的变化,其破碎化指数呈现不断增大的态势,其中建设用地由0.029增大到0.044;耕地由0.179增大到0.230;园地由0.026增大到0.059;而林地、水体的破碎化指

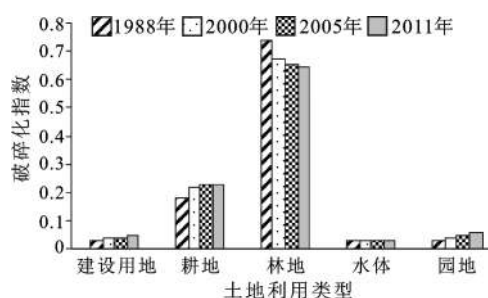


图2 惠州市1988~2011各景观类型破碎化指数

Fig.2 The fragmentation index of landscape from 1988 to 2011 in Huizhou

数则不断减小。结合土地经济生态位动态变化来看,两者之间表现出同一种景观类型增减一致性的关系。

3.3 土地经济生态位与景观分维数指数变化

从1988~2011年景观分维数指数的绝对值来看(图3),耕地、林地的分维数趋近于2,从景观生态学上说,耕地、林地景观的斑块自我相似性程度低、自然化程度高、斑块形态复杂,与此同时,该类景观的土地经济生态位较低,其中林地具有最高的分维数以及最低土地经济生态位;建设用地、园地、水体的分维数趋近于1,其中水体的分维数最低,均值为1.380,表明建设用地、园地、水体的斑块自我相似性程度高,斑块形态规整,受人为干扰作用强,同时该类景观的土地经济生态位也较高。

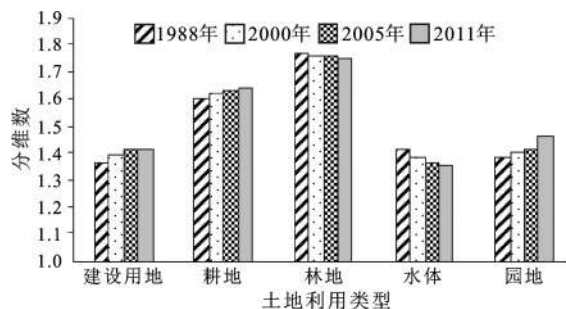


图3 惠州市1988~2011各景观类型分维数

Fig.3 The fractal dimension of landscape from 1988 to 2011 in Huizhou

从景观分维数指数的动态变化来看,惠州市1988~2011年景观分维数指数总体随时间变化不大,在变化趋势方面表现为,建设用地、耕地、园地的分维数指数不断增大,其中建设用地由1.367增大到1.417;耕地由1.601增大到1.634;园地由1.386增大到1.456;而林地和水体的分维数指数则不断减小,分别由1.769、1.386减小到1.755、1.352。结合土地经济生态位动态变化来看,两者之间表现出同一种景观类型增减一致性的关系。

3.4 土地经济生态位与城乡空间景观格局变化

由表2可看出,惠州市各区县1988~2011年的土地经济生态位的动态变化表现出以下特征:1988~2011年惠东县的土地经济生态位总体处于下降趋势,惠城区、惠阳区的土地经济生态位总体呈上升趋势,而博罗县、龙门县则波动变化;从生态位的绝对数量大小来看,整体表现为惠城区>

惠阳区>博罗县>惠东县>龙门县。

将1988年、2000年、2005年、2011年的遥感解译图导入到Arcmap10.0进行矢量化,并两两进行空间叠置分析,得到1988~2000年、2000~2005年、2005~2011年3个时期土地利用转移矩阵情况,通过属性查询得到各个时期新增景观的空间分布情况,并加以叠加得到1988~2011年新增建设用地、耕地、园地的分布情况(图4)。由图4所示,新增的建设用地面积主要集中分布在惠城区、惠阳区;新增的耕地主要集中在惠城区、博罗县;新增的园地集中在惠阳区、惠东县,由此可见,惠州市城乡用地空间上,景观格局发生改变的空间主要集中在惠城区、惠阳区、博罗县、惠东县。结合土地经济生态位来看(表2),景观格局的空间变化主要发生在土地经济生态位高的区县,土地经济生态位的变化是景观空间格局变化的影响因子。

表2 惠州市1988~2011各区县土地经济生态位

Table 2 The land economic niche of administrative division from 1988 to 2011 in Huizhou

年份(年)	龙门县	博罗县	惠城区	惠阳区	惠东县
1988	0.120	0.152	0.367	0.176	0.185
2000	0.069	0.127	0.432	0.220	0.154
2005	0.078	0.148	0.395	0.233	0.146
2011	0.076	0.128	0.440	0.250	0.109

4 结论与讨论

影响地生态系统景观变化的驱动因子主要由自然驱动因子和人为驱动因子构成,自然驱动因子较为稳定,具有一定的累积效应,而人为驱动因子则相对比较活跃。本文将综合了自然与人为因素的土地生态位理论引入到区域景观格局的研究当中,探讨土地经济生态位及其动态变化与景观格局之间的关系,为城乡空间景观格局表征引入了新的理论和方法。主要结论有以下几点:

1) 土地经济生态位是城乡空间景观数量变化的重要驱动力。惠州市景观生态系统当中存在建设用地、耕地、园地景观面积增加,土地经济生态位上升;林地、水体景观面积减少,土地经济生态位下降,景观面积的增减表现出与土地经济生态位升降具有一致性的规律。

2) 土地经济生态位是城乡空间景观指数变化的重要影响因子。在惠州市景观生态系统当



图4 惠州1988~2011新增建设用地、耕地、园地

Fig.4 The new added construction land, cultivated land and garden plot in 1988-2011

中,各类景观土地经济生态位高低依次为建设用地>园地>耕地>水体>林地,相应的景观破碎化和分维数指数均为林地>耕地>园地>建设用地>水体。土地经济生态位越小,景观的破碎化程度越高,景观形态越复杂,景观越容易发生转变;反之则破碎化程度越低,形态越简单,景观越难发生转变。从时间维度的动态变化来看,建设用地、耕地、园地的土地经济生态位整体呈上升趋势,破碎化指数和分维数指数也表现出上升趋势;林地、水体的土地经济生态位整体下降,相应地林地、水体的破碎化和分维数指数下降,景观格局的景观破碎化、分维数指数的动态增减规律与土地经济生态位动态升降具有一致性。

3) 土地经济生态位能够表征城乡景观格局变化的空间特征。在用地空间层面,惠州市土地经济生态位在绝对数量上,整体表现为惠城区、惠阳区、博罗县占据较高的土地经济生态位,而龙门县和惠东县的土地经济生态位则较低。在景观类型中具有较高土地经济生态位的建设用地、耕地、林地,其新增的区域亦主要集中在惠城区、惠阳区、博罗县,区域土地经济生态位越高,发生景观变化的可能性越高。

研究结果表明,土地经济生态位是城乡景观变化的驱动力,能够较好的对城乡空间景观格局进行表征,为城乡空间景观格局变化驱动因子的研究提供了新的理、方法和研究视角。但景观生态系统是一个涉及社会、经济、生态的复合系统,景观格局的变迁受到自然、人文等多重因素影响,具有复杂性和不易预知性,同时土地生态位本身

也具有综合性,在本文的研究中,只考虑了土地经济生态位而忽略了自然、社会属性,因此如何从一个复合的土地综合生态位出发来思考和总结城乡空间景观格局变化的自然、社会驱动因子将是未来的研究方向。

参考文献:

- [1] 郭建国.景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [2] Li B L. Fractal geometry applications in description and analysis of patch patterns and patch dynamics [J]. Ecological Modelling, 2000, **132**:33-50.
- [3] 冯异星,罗格平,周德成,等.近50a土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响——以新疆玛纳斯河流域为例[J].生态学报,2010, **30**(16):4295~4305.
- [4] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶.关于景观格局演变研究的几个问题[J].地理科学,2003, **23**(3):264~270.
- [5] 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[J].生态学报,2004, **24**(01):123~134.
- [6] Pennock D, Anderson D, De Jong E. Landscape-scale changes in indicators of soil quality due to cultivation in Saskatchewan, Canada [J]. Geoderma, 1994, **64**(1):1-19.
- [7] FU B J, LIANG D, LU N. Landscape ecology: Coupling of pattern, progress, and scale [J]. Chinese Geographical Science, 2011, **21**(4):385-391.
- [8] Wu J, Shen W, Sun W, et al. Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics [J]. Landscape Ecology, 2002, **17**(8): 761-82.
- [9] 李自珍,赵松岭,张鹏云.生态位适宜度理论及其在作物生长系统中的应用[J].兰州大学学报,1993, **29**(4):219~224.
- [10] 王璐,陈英,强妮,等.兰州市土地利用经济生态位测度[J].干旱区资源与环境,2009, **23**(12):15~20.
- [11] 欧阳志云,王如松,符贵南.生态位适宜度模型及其在土地利用

- 适宜性评价中的应用[J].生态学报,1996,16(2):113~120.
- [12] 张 侠,葛向东,濮励杰,等.土地利用的经济生态位分析和耕地保护机制研究[J].自然资源学报,2002,17(6): 677~683.
- [13] 倪九派,魏朝富,谢德体.土地利用的生态位及调控机制的研究[J].农业工程学报,2005,21(S1): 113~115.
- [14] 祁新华,毛蒋兴,程 煜.基于生态位理论的城市空间优化策略研究——以增城市为例[J].规划师,2002,23(02):89~91.
- [15] 张 明.榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演变研究[J].地理研究,2000,19(1):30~36.
- [16] 角媛梅,肖笃宁,马明国.河西走廊典型绿洲景观格局比较研究[J].干旱区研究, 2003,20 (2) :81~85.
- [17] 广东省统计局.广东省统计年鉴2013[M].北京:中国统计出版社,2013.
- [18] 惠州市统计局.惠州市统计年鉴2012[M].北京:中国统计出版社,2012.
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.土地利用现状分类(GB/T21010-2007)[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [20] Li H.Spatio temporal pattern anaysis of managed forest landscapes[D]. Thesis,Oregon: The Oregon State University, 1989.
- [21] Krummel J R.Landscape patterns in a disturbed environment[J]. Oikos,1987,48(2):321-324.

The Reperesentation of Landscape Pattern to Land Economic Niche Changes: A Case Study of Huizhou City in Guangdong Province

WU Qing¹, LI Yu^{1,2}

(1.School of Geography and Planning,Sun Yat-sen University,Guangzhou, Guangdong 510275,China;

2.South China Institute of Environmental Sciences,Ministry of Environmental Protection,Guangzhou Guangdong 510655,China)

Abstract: The land use change has profoundly impact on biodiversity and ecological processes, and is closely related to the change of the rural and urban landscape pattern. As the driving force of land use, the theory of land economic niche was used to analyze the rural and urban landscape pattern in this article, with an aim to provide some new methods for the characterization and representation of landscape pattern. The typical parameters of landscape pattern including fragmentation index and fractal dimension were selected, and the software Envi 4.8(RS), Arcmap 10.0(GIS) and Fragstasts 4.1 were used, to discuss the relationship between the land economic niche, also its change, and the urban and rural spatial landscape pattern in Huizhou City, Guangdong Province. Results showed that the changes of different landscape land area corresponded well with those of land economic niche, when the land economic niche increased, the corresponding landscape land area also increased and vice versa. The smaller the land economic niche was, the bigger the fragmentation and fractal dimension index were. Meanwhile, the changes of fragmentation index and fractal dimension index corresponded well with that of land economic niche, where the land economic niche increased, the fragmentation index and fractal dimension index increased correspondingly and vice versa. The change of urban and rural space landscape pattern occurred mainly in areas with high land economic niche. The land economic niche is an important factor affecting the change of landscape pattern in urban and rural areas. The variance of the land economic niche can well explain the urban and rural spatial landscape pattern characteristics.

Key words: landscape pattern; land economic niche; fragmentation index; fractal dimension; Huizhou City