

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

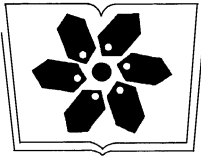
## Acta Ecologica Sinica



第31卷 第21期 Vol.31 No.21 **2011**

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 31 卷 第 21 期 2011 年 11 月 (半月刊)

## 目 次

基于景观格局理论和理想风水模式的藏族乡土聚落景观空间解析——以甘肃省迭部县扎尕那村落为例……	史利莎, 严力蛟, 黄璐, 等 (6305)
武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律……	游巍斌, 何东进, 巫丽芸, 等 (6317)
旅游地道路生态持续性评价——以云南省玉龙县为例……	蒋依依 (6328)
城市空间形态紧凑度模型构建方法研究……	赵景柱, 宋瑜, 石龙宇, 等 (6338)
丹顶鹤多尺度生境选择机制——以黄河三角洲自然保护区为例……	曹铭昌, 刘高焕, 徐海根 (6344)
西南喀斯特区域水土流失敏感性评价及其空间分异特征……	凡非得, 王克林, 熊鹰, 等 (6353)
流域尺度海量生态环境数据建库关键技术——以塔里木河流域为例……	高凡, 闫正龙, 黄强 (6363)
雌雄异株植物鼠李的生殖分配……	王娟, 张春雨, 赵秀海, 等 (6371)
长白山北坡不同年龄红松年表及其对气候的响应……	王晓明, 赵秀海, 高露双, 等 (6378)
不同高寒退化草地阿尔泰针茅种群的小尺度点格局……	赵成章, 任珩, 盛亚萍, 等 (6388)
残存银杏群落的结构及种群更新特征……	杨永川, 穆建平, TANG Cindy Q, 等 (6396)
濒危植物安徽羽叶报春两种花型的繁育特性及其适应进化……	邵剑文, 张文娟, 张小平 (6410)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林的乔木叶片功能性状特征……	罗璐, 申国珍, 谢宗强, 等 (6420)
不同植被恢复模式下煤矸石山复垦土壤性质及煤矸石风化物的变化特征……	王丽艳, 韩有志, 张成梁, 等 (6429)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林分的影响……	张喜, 崔迎春, 朱军, 等 (6442)
内蒙古高原锦鸡儿属植物的形态和生理生态适应性……	马成仓, 高玉葆, 李清芳, 等 (6451)
古尔班通古特沙漠西部梭梭种群退化原因的对比分析……	司朗明, 刘彤, 刘斌, 等 (6460)
白石砬子国家级自然保护区天然林的自然稀疏……	周永斌, 殷有, 殷鸣放, 等 (6469)
黑龙江省东完达山地区东北虎猎物种群现状及动态趋势……	张常智, 张明海 (6481)
基于 GIS 的马铃薯甲虫扩散与河流关系研究——以新疆沙湾县为例……	李超, 张智, 郭文超, 等 (6488)
2010 年广西兴安地区稻纵卷叶螟发生动态及迁飞轨迹分析……	蒋春先, 齐会会, 孙明阳, 等 (6495)
B 型烟粉虱对寄主转换的适应性……	周福才, 李传明, 顾爱祥, 等 (6505)
利用 PCR-DGGE 方法分析不同鸡群的盲肠微生物菌群结构变化……	李永洙, Yongquan Cui (6513)
鸡粪改良铜尾矿对 3 种豆科植物生长及基质微生物量和酶活性的影响……	张宏, 沈章军, 阳贵德, 等 (6522)
铜绿微囊藻对紫外辐射的生理代谢响应……	汪燕, 李珊珊, 李建宏, 等 (6532)
10 种常见甲藻细胞体积与细胞碳、氮含量的关系……	王燕, 李瑞香, 董双林, 等 (6540)
冬季太湖表层底产毒蓝藻群落结构和种群丰度……	李大命, 孔繁翔, 于洋, 等 (6551)
城市机动车道颗粒物扩散对绿化隔离带空间结构的响应……	蔺银鼎, 武小刚, 郝兴宇, 等 (6561)
新疆城镇化与土地资源产出效益的空间分异及其协调性……	杨宇, 刘毅, 董雯, 等 (6568)
山东潍坊地下水硝酸盐污染现状及 $\delta^{15}\text{N}$ 溯源……	徐春英, 李玉中, 李巧珍, 等 (6579)
增温对宁夏引黄灌区春小麦生产的影响……	肖国举, 张强, 张峰举, 等 (6588)
一种估测小麦冠层氮含量的新高光谱指数……	梁亮, 杨敏华, 邓凯东, 等 (6594)
黄河上游灌区稻田 $\text{N}_2\text{O}$ 排放特征……	张惠, 杨正礼, 罗良国, 等 (6606)
<b>专论与综述</b>	
植物源挥发性有机物对氮沉降响应研究展望……	黄娟, 莫江明, 孔国辉, 等 (6616)
植物种群更新限制——从种子生产到幼树建成……	李宁, 白冰, 鲁长虎 (6624)
<b>研究简报</b>	
遮荫对两个基因型玉米叶片解剖结构及光合特性的影响……	杜成凤, 李潮海, 刘天学, 等 (6633)
<b>学术信息与动态</b>	
科学、系统与可持续性——第六届工业生态学国际大会述评……	石海佳, 梁赛, 王震, 等 (6641)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 340 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 37 * 2011-11	



**封面图说:** 鹤立——丹顶鹤是世界 15 种鹤数量极小的一种, 主要栖息在沼泽、浅滩、芦苇塘等湿地, 以捕食小鱼虾、昆虫、蛙蚺、软体动物为主, 也吃植物的根茎、种子、嫩芽。善于奔驰飞翔, 喜欢结群生活。丹顶鹤属迁徙鸟类, 主要在我国黑龙江、吉林、俄罗斯西伯利亚东部、朝鲜北部以及日本等地繁殖。在长江下游一带越冬。在中国文化中有“仙鹤”之说。被列为中国国家一级重点保护野生动物名录, 濒危野生动植物种国际贸易公约绝对保护的 CITES 附录一物种名录。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

赵景柱, 宋瑜, 石龙宇, 唐立娜. 城市空间形态紧凑度模型构建方法研究. 生态学报, 2011, 31(21): 6338-6343.

Zhao J Z, Song Y, Shi L Y, Tang L N. Study on the compactness assessment model of urban spatial form. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(21): 6338-6343.

## 城市空间形态紧凑度模型构建方法研究

赵景柱\*, 宋瑜, 石龙宇, 唐立娜

(中国科学院城市环境研究所 城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021)

**摘要:**我国城市空间形态的急剧变化给经济、社会、城市建设等带来诸多问题,使相对脆弱的城市生态环境承受巨大的压力,对城市可持续发展构成了一定的影响。深入了解城市景观的格局演变过程和机理,并构建适宜的城市空间形态量化评价模型对于推进我国城市可持续发展、合理利用和保护区域生态环境具有重要的现实意义,也是我国城市发展的紧迫需求。在 Think 等提出的城市紧凑度算法的基础上,构建了一种城市空间形态量化评价指标,即标准化紧凑度指数(normalized compactness index, NCI)。NCI 将圆形区域作为标准度量单位,实现测算结果的标准化的,在一定程度上避免了城市面积因素对评价结果所带来的影响,因而便于城市之间或同一城市不同时段间的城市空间形态紧凑程度的比较分析,为城市空间形态紧凑程度的定量评价提供了一种新的技术方法。

**关键词:**紧凑城市;空间形态;评价模型;标准化紧凑度指数;可持续发展

### Study on the compactness assessment model of urban spatial form

ZHAO Jingzhu\*, SONG Yu, SHI Longyu, TANG Lina

Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

**Abstract:** The dramatic changes of China's urban spatial form have brought many problems in economic, social and urban construction. These changes also put the urban environment under enormous pressure, which was so fragile that forced urban sustainable development into serious challenge. To understand the progress and mechanism of urban landscape pattern changes, building appropriate quantitative assessment model for urban spatial form is significance for not only promoting China's sustainable urban development, but also achieving the goal of rational use and protection of regional eco-environment, which were the urgent needs of urban development in China. Based on Think et al.'s urban compactness degree derived from the law of universal gravitation, we built a new quantitative model, the Normalized Compactness Index (NCI), to assess urban spatial form, in which the round-shape city was supposed to achieve the highest compact degree giving the same urban size. NCI was obtained by dividing Think et al.'s original compactness by the maximum compactness that was defined for a round-shape city, which served as a standard unit of measurement to standardized the calculation results and eliminate the impact of urban size on compactness, and thus facilitated comparative analysis between different cities or the same city among different periods.

We selected two periods (2002 and 2007) for empirical analysis in Xiamen City, using Landsat ETM+ and Landsat TM remote sensing images as data sources. The whole area of city was divided into construction land and non-construction land. Construction land included building (residential, commercial, service and public facility), mining, traffic and other land use types; non-construction land contained water body, wetland, woodland, farmland, bare land, etc. The results showed that: on the one hand, all of Xiamen's compact degrees of urban construction land in different spatial scales

**基金项目:**中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX-2-YW-453);2011年度中国科学院“优秀博士学位论文、院长奖获得者科研启动专项资金”

收稿日期:2011-08-11; 修订日期:2011-10-14

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jzhao@rcees.ac.cn

increased from 2002 to 2007; on the other hand, with the spatial scale increased, the values of NCI in two periods showed similar trend which was quick down first and slow steady followed. Therefore, we recommend that the model-scale analysis was necessary when using NCI for the comparative analysis between different cities or different periods in the same city.

The significance of building compact city was reflected in relieving resource scarcity (such as land and energy), and overall sustainable development demands in China. The lower city's compact degree, the more fragmented the urban space layout is, the higher costs and lower efficiency of population movements, economic activities and social intercourses within the city. However, more "round-shape" for urban spatial distribution presented urban population, industry, transportation, facilities and capitals are denser, cost is lower and efficiency of traffic and resource use are higher. Meanwhile, compact city could make it more concentrated for industries as well as flows of population, goods and information. Therefore, from macro level, the theory of compact city may guide urban development.

NCI provided a new technical indicator for the quantitative assessment of urban spatial form. There is an urgent need to strengthen the empirical study of compact city, plan compact development route, and optimize regional spatial structure according to different geographical characteristics.

**Key Words:** compact city; spatial form; assessment model; normalized compactness index; sustainable development

近 200a 来世界上最大的社会变动是人口向城市大规模聚集,2008 年世界城市人口首次超过农村人口,标志着人类开始进入城市型社会<sup>[1]</sup>。1978 年以来,我国城市化进程突飞猛进,城市化率由 1978 年的 17.4% 激增到 2010 年的 49.7%;建成区面积由 1978 年的 7438 km<sup>2</sup> 快进到 2010 年的 38727 km<sup>2</sup>。我国城市化的不断迅速扩张,尤其是城市空间形态的急剧变化给经济、社会、城市建设等带来诸多问题,使当前脆弱的生态环境承受巨大的压力,对可持续发展构成了严峻的挑战。因此,深入了解城市景观的格局演变过程和机理,并构建适宜的城市空间形态定量化评价模型,对于推进我国城市可持续发展、合理利用和保护区域生态环境具有重要的现实意义,也是我国城市可持续发展的紧迫需求。

为了有效控制城市蔓延及其所带来的社会经济与生态环境问题,一些学者和以欧洲为主的西方发达国家提出了紧凑城市的理念。很多国内外专家学者对紧凑城市开展了广泛深入的探讨,并从不同的角度对紧凑城市的内涵进行了阐述,其核心思想是通过高密度、土地混合利用以及相对集中设置公共设施遏制城市扩张,有效减少交通距离和污染排放量,促进城市的可持续发展<sup>[2-7]</sup>。紧凑城市是在一定的社会经济和技术条件下,充分节约用地并为其居民提供可持续福利的城市。

目前,景观生态学、经济学和城市规划学等领域都十分关注城市空间形态的研究。如何定量化分析和评价城市的紧凑程度已经成为多学科研究的重点<sup>[8]</sup>,国内外很多学者对此开展了很多深入的研究并提出了一些评价模型和方法,其中 Thinh 等基于引力模型提出的紧凑度算法是具有重要影响的方法之一<sup>[9]</sup>。Thinh 紧凑度算法的缺陷之一是受城市面积大小的影响比较突出,本研究基于 Thinh 紧凑度算法建立了可用于不同城市之间以及同一城市不同时段间的城市空间形态紧凑程度进行比较分析的标准化紧凑度指数(normalized compactness index, NCI),并围绕这一指数进行了系统的分析和研究,试图为城市空间形态紧凑程度的定量评价提供一种方法。

## 1 城市空间紧凑度评价方法研究进展

关于城市空间紧凑度的评价方法可大致划分为两类:空间形态特征单指标评价法和多指标综合评价法。前者往往从城市空间形态的几何特征入手,通过不规则空间形态与规则几何图形的比较,或通过自身特征参数的选择与比较来完成评价,常用的评价指标包括 Richardson 紧凑度<sup>[10]</sup>、Cole 紧凑度<sup>[11]</sup>和 Gibbs 紧凑度<sup>[12]</sup>。后者则通过对城市规模、密度、空间分布特征等不同侧面的综合统计来完成指标的构建<sup>[13-18]</sup>。如 Galster 等采用居住密度、建设用地的连续性、建设用地集中性、城市多中心性、用地功能混合程度以及用地功能的空间邻接性等 8 个指标来界定城市蔓延<sup>[13]</sup>; Tsai 从宏观尺度提出了界定紧凑程度的数项指标和相应的定量分析方

法,采用空间自相关(Gini 系数、全局 Moran 指数和 Geary 指数)对紧凑度进行模拟<sup>[14]</sup>;Schwarz 运用景观指数法计算了欧洲 231 个城市的空间形态,认为城市规模、密度、集聚度、均匀度、边缘密度和紧凑度等 6 个指标能够全面表征城市形态<sup>[15]</sup>。国内一些专家针对紧凑城市形态评价问题进行了研究:刘纪远等基于计算几何中的凸壳原理,对城市外围轮廓形态紧凑性进行评价,有效识别了城市用地扩展中填充型与外延型模式<sup>[16]</sup>;王新生等运用描述城市空间形状的边界分维数、Richardson 紧凑度评价法和 Boyce-Clark 形状指数,分别计算了 1990 年和 2000 年中国 31 个特大城市的空间形状分维,同时结合紧凑度和形状指数,综合分析以上城市空间形态的总体变化趋势<sup>[17]</sup>;方创琳等从城市群的角度,选取空间相互作用指数、人口密度指数和城镇密度指数作为计算城市群空间紧凑度的指标<sup>[18]</sup>。

相较于空间形态特征单指标评价法和多指标综合评价法,近年来逐渐发展出一类基于城市要素空间分布特征的紧凑度算法<sup>[19-21]</sup>。该方法不同于前者仅考虑城市空间的简单几何形态,也并非对城市形态特征面面俱到,而是往往侧重于城市人口或用地的空间分布特征,通过城市人口或用地等要素的空间距离与内在联系来完成紧凑度的测算。如 Zhang 和 Guindon 针对单中心的加拿大城市,结合城市人口密度,以人口的空间分布状态以及人口分布区相对于中央商务区(CBD)的距离,来表征城市的分散化程度<sup>[19-20]</sup>;Thinh 等根据一定大小划分的网格分割城市土地利用图,通过计算每对网格单元之间的引力来构建其城市紧凑度模型  $T$ <sup>[21]</sup>。

## 2 标准化紧凑度指数模型构建

### 2.1 紧凑度 $T$ 模型

Thinh 等提出的城市紧凑度模型是以牛顿万有引力定律为基础发展起来的的城市空间形态量化评价模型。该模型基于 GIS 网格技术和土地利用数据库的支持,将一定尺寸的网格与城市土地利用数据进行图层叠加,生成模型运行的基础数据图层。

GIS 网格与城市用地图层叠加方法的示意图见图 1。图 1 中以基于 Landsat 影像的城市用地数据为例,象元大小为  $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ ,网格大小为  $60\text{ m} \times 60\text{ m}$ 。 $Z_i$ 和  $Z_j$ 为网格  $i$  和  $j$  中建设用地(灰色部分)的面积。

Thinh 等提出的城市紧凑度计算公式如下<sup>[19]</sup>:

$$T = \frac{\sum \frac{1}{c} \frac{Z_i Z_j}{d^2(i,j)}}{N(N-1)/2} \quad (1)$$

式中, $T$ 为城市空间作用的平均引力,即城市空间形态的紧凑度, $Z_i$ 和  $Z_j$ 代表任意两个网格  $i$  和  $j$  内的城市建设用地面积( $i \neq j$ ), $d(i,j)$ 为网格  $i$  和网格  $j$  的几何距离, $c$ 为常数(研究中取  $100\text{ m}^2$ 使计算结果无量纲化), $N$ 为网格总数。 $T$ 值的大小反映城市用地空间布局的紧凑程度,其值越大,说明城市空间作用越强,亦即城市空间布局越紧凑。

Thinh 等提出的紧凑度模型能够准确地表达城市建设用地空间引力的强弱,能够在一定程度上反映出城市建设用地空间分布的紧凑程度的大小。然而,通过分析 Thinh 等针对德国 116 个案例城市进行紧凑度的计算结果,发现紧凑度较小的城市往往面积较大,而紧凑度较大的城市往往面积较小<sup>[19]</sup>。Thinh 等提出的紧凑度  $T$  指数对城市建设用地面积大小比较敏感。为了克服这一缺陷,在紧凑度  $T$  模型的基础上做了进一步的算法改进,构建标准化紧凑度指数模型。

### 2.2 标准化紧凑度指数模型的构建

通常上,城市人口、产业、交通、设施和资金的空间密度越大,紧凑度越高;空间分布遵循形态依赖原理且“趋圆性”越高,紧凑度越高。将圆形区域作为标准度量单位,不仅综合了不规则性状的多方面特征,而且将

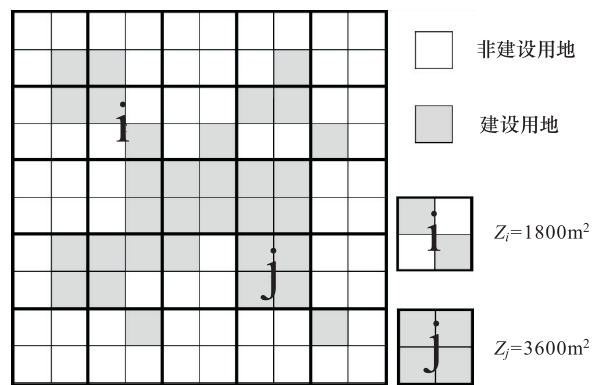


图 1 紧凑度模型中的 GIS 网格划分  
Fig. 1 Schematic diagram of the grid dividing principal in the compactness computation model

计算结果进行了标准化,所以便于不同城市之间的比较<sup>[21]</sup>。因此,本研究以圆形区域作为具有最大紧凑度的城市空间形态的一般构型,构建了一种新型的城市空间形态量化指标,即标准化紧凑度指数(NCI)。

设图 2 中(a)为某城市各个建成区的实际分布,(b)中圆的面积与该城市所有建设用地面积总和相等(以下称为城市的等价圆)。则城市的标准化紧凑度指数定义为:

$$NCI = \frac{T}{T_{\max}} \quad (2)$$

式中,NCI 为城市的标准化紧凑度指数, $T$  和  $T_{\max}$  分别为由公式(1)计算的城市的紧凑度和城市等价圆的紧凑度。NCI 的取值在 0 和 1 之间,NCI 值越接近 1,城市空间形态越接近圆形,因而也越紧凑。

由(1)和(2),可以进一步得到标准紧凑度指数的计算公式:

$$NCI = \frac{T}{T_{\max}} = \frac{M(M-1)}{N(N-1)} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{Z_i Z_j}{d^2(i,j)}}{\sum_{i'=1}^n \sum_{j'=1}^n \frac{S_{i'} S_{j'}}{d'^2(i',j')}} \quad (3)$$

式中, $Z_i$ 、 $Z_j$ 、 $d(i,j)$ 、 $N$  的取值参见公式(1), $S_{i'}$  和  $S_{j'}$  为等价圆中网格  $i'$  和  $j'$  内的建设用地面积, $d'(i',j')$  为网格  $i'$  和  $j'$  的几何距离, $M$  为等价圆的网格总数(图 3)。

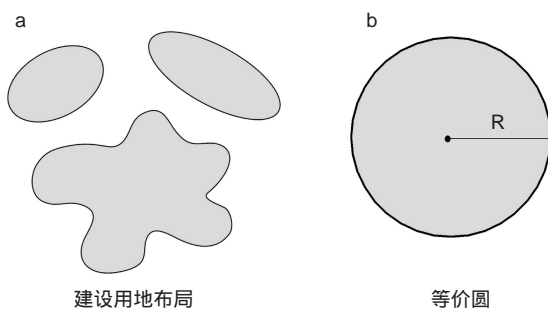


图 2 等价圆的示意图

Fig. 2 Illustration of the equivalent circle

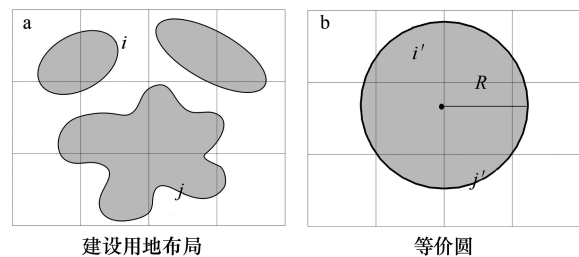


图 3 标准化紧凑度指数模型中的 GIS 网格划分

Fig. 3 Schematic diagram of the grid dividing principal in the NCI model

### 3 案例城市标准化紧凑度指数的测算分析

#### 3.1 城市建设用地遥感信息提取

研究中分别选取厦门 2002 和 2007 两个时段的 Landsat ETM+和 Landsat TM 遥感影像(数据来源:<http://landsat.usgs.gov/>)为数据源。影像质量良好,研究区内无云层覆盖。所获取的影像数据均已经过辐射校正和几何校正,可满足城市形态定量指标计算的精度要求。基于遥感数字图像处理软件 ERDAS9.1 和地理信息系统软件 ArcGIS9.3 平台,完成了 Landsat 影像数据的波段合成、投影变换与数据剪裁等图像预处理工作。

在城市建设用地遥感信息提取过程中,城市建设用地主要包括城市建筑(住宅、商业服务和公共设施等)、工矿用地和道路交通等用地类型;非建设用地如水体、湿地、林地、农田、裸地等。首先,通过监督分类提取建设用地(城市建设用地和其他建设用地)和非建设用地信息;然后,以人机交互目视解译方式进行城市建设用地信息的提取;最后的后期处理主要是通过聚类统计和去除分析来消除类别噪声。分类精度评价过程中,借助厦门市 1:50000 全要素地形图和城市土地利用图,从每景影像分类结果中随机抽取 200 个象元点进行精度和 Kappa 统计,分类结果精度均在 80% 以上。城市建设用地遥感信息提取结果见图 4。

#### 3.2 标准化紧凑度指数的测算分析

基于  $300 \text{ m} \times 300 \text{ m}$ 、 $450 \text{ m} \times 450 \text{ m}$ 、 $600 \text{ m} \times 600 \text{ m}$ 、 $\dots$ 、 $3000 \text{ m} \times 3000 \text{ m}$  不同尺寸的网格,计算厦门两期建设用地的标准化紧凑度指数 NCI(图 5)。

结果表明:一方面,不同空间尺度下,2002—2007 年间厦门市城市建设用地空间分布的紧凑程度有不同

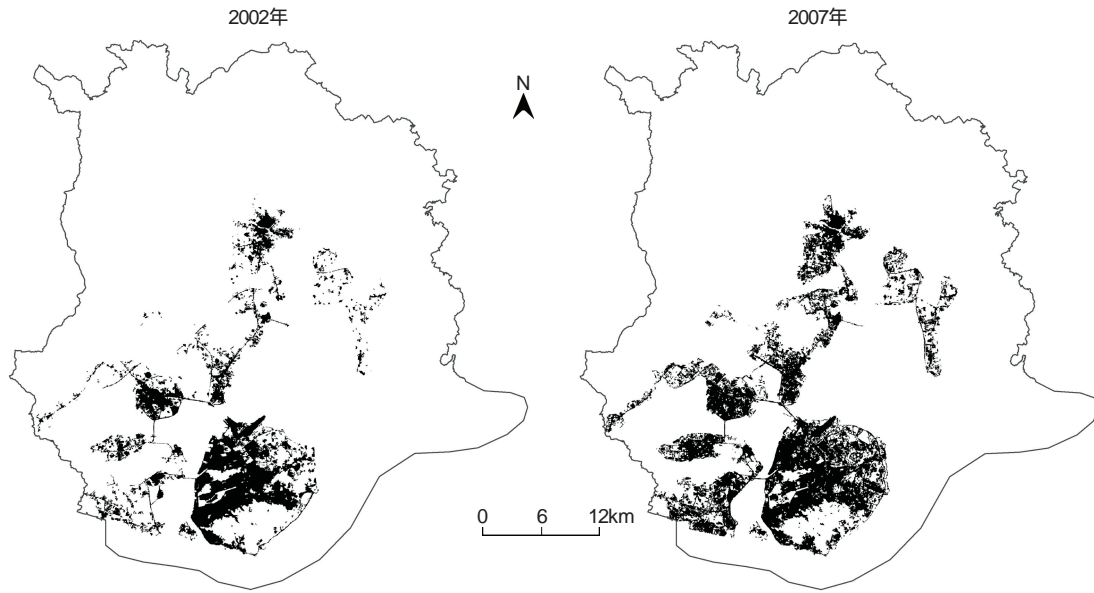


图4 基于 Landsat 影像的城市建设用地遥感信息提取结果  
 Fig. 4 built-up area of Xiamen City based on Landsat images

程度的提高;另一方面,随着空间尺度的增大,两个时段的 NCI 值均表现为先降后稳的态势,并在较小的空间尺度上具有相对稳定的特征。因此,在采用 NCI 进行城市之间或同一城市不同时段间的城市空间形态紧凑程度的比较分析时,建议对模型进行尺度分析,即进行不同网格尺度的模型测算结果比较,并根据实际应用需要选择合适的网格尺度。

4 结语

本研究在基于引力模型的紧凑度算法的基础上,提出了以圆形作为具有最大紧凑度的城市空间形态的一般构型,构建了一种新型的城市空间形态量化指标,即标准化紧凑度指数 NCI。相较于紧凑度  $T$ ,引入等价圆后的标准化紧凑度指数 NCI 不仅能从数值上反映出城市空间形态的紧凑程度,而且一定程度上避免了城市面积因素对模型结果所带来的影响,因而便于不同城市之间城市空间形态紧凑程度的比较研究。

建设紧凑城市的意义体现在我国土地、能源等资源的稀缺以及全面可持续发展的双重驱动。城市的紧凑度越低即空间布局越分散,其城市内部的人口流动、经济活动和社会联系的成本越高,资源利用效率越低;而城市空间分布的“趋圆性”越高,其人口、产业、交通、设施和资金的空间密度越大,出行交通成本越低,对资源的利用效率也越高。同时,紧凑城市使得不同的产业以及大量的人流、物流、信息流更加集中;不同的企业之间由于相互的协作沟通而产生积聚效益。因此,紧凑城市能从宏观上指导城市的发展战略。

标准化紧凑度指数为城市空间形态紧凑程度的定量评价提供了一种新的方法,这种评价方法也可以与紧凑度评价的其他方法结合起来使用进行对比分析。未来迫切需要加强紧凑城市评价的实证研究,根据不同的地域特征和价值观念,规划城市的紧凑发展路线,优化区域景观空间结构,使之在城市持续发展与生态环境保护之间达到平衡。

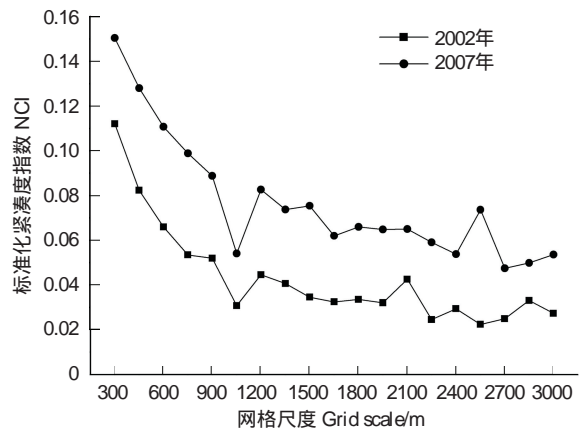


图5 不同网格(空间)尺度下厦门城市建设用地的紧凑度  
 Fig.5 Normalized compactness index of the construction land in Xiamen City under different grid scales

**References:**

- [ 1 ] Zhao J, Shi L Y, Qiu Q Y, Gao L J, Guo Q H, Tang L N, Cui S H, Yan C Z, Wei X H. Sustainable City Development Report in China 2010. Beijing: Science Press, 2010.
- [ 2 ] Dantzig G B, Saaty T L. Compact City: A Plan for A Livable Urban Environment. San Francisco: W H Freeman, 1973.
- [ 3 ] Commission of the European Communities. Green Paper on the Urban Environment. Brussels: Publications Office European Communities, 1990.
- [ 4 ] Calthorpe P. The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream. New York: Princeton Architectural Press, 1993.
- [ 5 ] Congress for the New Urbanism. Charter of the New Urbanism. New York: McGraw-Hill Professional, 1999.
- [ 6 ] Burgess R. The compact city debate: a global perspective//Jenks M, Burgess R, eds. Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries. London: Spon Press, 2001.
- [ 7 ] Dempsey N. Revisiting the compact city? Built Environment, 2010, 36(1): 5-8.
- [ 8 ] Clifton K, Ewing R, Knaap G J, Song Y. Quantitative analysis of urban form: a multidisciplinary review. Journal of Urbanism, 2008, 1(1): 17-45.
- [ 9 ] Thinh N X, Arlt G, Heber B, Hennemersdorf J, Lehmann I. Evaluation of urban land-use structures with a view to sustainable development. Environmental Impact Assessment Review, 2002, 22(5): 475-492.
- [ 10 ] Richardson H W. The Economics of Urban Size. Lexington: Saxon House, 1973.
- [ 11 ] Simons P L. Measuring the shape distortions of retail market areas. Geographical Analysis, 1974, 6(4): 331-340.
- [ 12 ] Gibbs J P. Urban Research Methods. Princeton: Van Nostrand, 1961.
- [ 13 ] Galster G, Hanson R, Ratcliffe M R, Wolman H, Coleman S, Freihage J. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. Housing Policy Debate, 2001, 12(4): 681-717.
- [ 14 ] Tsai Y H. Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. Urban Studies, 2005, 42(1): 141-161.
- [ 15 ] Schwarz N. Urban form revisited-selecting indicators for characterising European cities. Landscape and Urban Planning, 2010, 96(1): 29-47.
- [ 16 ] Liu J Y, Wang X S, Zhuang D F, Zhang W, Hu W Y. Application of convex hull in identifying the types of urban land expansion. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(6): 885-892.
- [ 17 ] Wang X S, Liu J Y, Zhuang D F, Wang L M. Spatial-temporal changes of urban spatial morphology in China. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(3): 392-400.
- [ 18 ] Fang C L, Qi W F, Song J T. Researches on comprehensive measurement of compactness of urban agglomerations in China. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(10): 1011-1021.
- [ 19 ] Guindon B, Zhang Y. Using satellite remote sensing to survey transport-related urban sustainability. Part 2: results of a Canadian urban assessment. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2007, 9(3): 267-293.
- [ 20 ] Zhang Y, Guindon B. Using satellite remote sensing to survey transport-related urban sustainability. Part 1: methodologies for indicator quantification. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2006, 8(3): 149-164.
- [ 21 ] Lin B Y. The calculation method of urban spatial form and its evaluation. Urban Planning Forum, 1998, (3): 42-45.

**参考文献:**

- [ 1 ] 赵景柱, 石龙宇, 邱全毅, 高莉洁, 郭青海, 唐立娜, 崔胜辉, 颜昌宙, 魏晓华. 2010 中国可持续城市发展报告. 北京: 科学出版社, 2010.
- [ 16 ] 刘纪远, 王新生, 庄大方, 张稳, 胡文岩. 凸壳原理用于城市用地空间扩展类型识别. 地理学报, 2003, 58(6): 885-892.
- [ 17 ] 王新生, 刘纪远, 庄大方, 王黎明. 中国特大城市空间形态变化的时空特征. 地理学报, 2005, 60(3): 392-400.
- [ 18 ] 方创琳, 祁巍锋, 宋吉涛. 中国城市群紧凑度的综合测度分析. 地理学报, 2008, 63(10): 1011-1021.
- [ 21 ] 林炳耀. 城市空间形态的计量方法及其评价. 城市规划汇刊, 1998, (3): 42-45.



# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 21 November, 2011 (Semimonthly)

## CONTENTS

Landscape spatial analysis of a traditional tibetan settlement based on landscape pattern theory and feng-shui theory: the case of Zhagana, Diebu, Gansu Province	SHI Lisha, YAN Lijiao, HUANG Lu, et al (6305)
Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan Scenery District	YOU Weibin, HE Dongjin, WU Liyun, et al (6317)
Evaluation of eco-sustainability of roads in a tourism area; a case study within Yulong County	JIANG Yiyi (6328)
Study on the compactness assessment model of urban spatial form	ZHAO Jingzhu, SONG Yu, SHI Longyu, et al (6338)
A multi-scale analysis of red-crowned crane's habitat selection at the Yellow River Delta Nature Reserve, Shandong, China	CAO Mingchang, LIU Gaohuan, XU Haigen (6344)
Assessment and spatial distribution of water and soil loss in karst regions, southwest China	FAN Feide, WANG Kelin, XIONG Ying, et al (6353)
Construction of an eco-environmental database for watershed-scale data: an example from the Tarim River Basin	GAO Fan, YAN Zhenglong, HUANG Qiang (6363)
Reproductive allocation in dioecious shrub, <i>Rhamnus davurica</i>	WANG Juan, ZHANG Chunyu, ZHAO Xiuhai, et al (6371)
Age-dependent growth responses of <i>Pinus koraiensis</i> to climate in the north slope of Changbai Mountain, North-Eastern China	WANG Xiaoming, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (6378)
Fine-scale spatial point patterns of <i>Stipa krylovii</i> population in different alpine degraded grasslands	ZHAO Chengzhang, REN Heng, SHENG Yaping, et al (6388)
Community structure and population regeneration in remnant <i>Ginkgo biloba</i> stands	YANG Yongchuan, MU Jianping, TANG Cindy Q., et al (6396)
Reproductive characteristics and adaptive evolution of pin and thrum flowers in endangered species, <i>Primula merrilliana</i>	SHAO Jianwen, ZHANG Wenjuan, ZHANG Xiaoping (6410)
Leaf functional traits of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia	LUO Lu, SHEN Guozhen, XIE Zongqiang, et al (6420)
Reclaimed soil properties and weathered gangue change characteristics under various vegetation types on gangue pile	WANG Liyan, HAN Youzhi, ZHANG Chengliang, et al (6429)
Influence of fire on stands of <i>Pinus massoniana</i> in a karst mountain area of central Guizhou province	ZHANG Xi, CHUI Yingchun, ZHU Jun, et al (6442)
Morphological and physiological adaptation of <i>Caragana</i> species in the Inner Mongolia Plateau	MA Chengchang, GAO Yubao, LI Qingfang, et al (6451)
A comparative study on reasons of degenerated of <i>Haloxylon ammodendron</i> population in the western part of Gurbantunggut desert	SI Langming, LIU Tong, LIU Bin, et al (6460)
Self-thinning of natural broadleaved forests in Baishilazi Nature Reserve	ZHOU Yongbin, YIN You, YIN Mingfang, et al (6469)
Population status and dynamic trends of Amur tiger's prey in Eastern Wandashan Mountain, Heilongjiang Province	ZHANG Changzhi, ZHANG Minghai (6481)
The relationship between the occurrence of Colorado Potato Beetle, <i>Leptinotarsa decemlineata</i> , and rivers based on GIS: a case study of Shawan Country	LI Chao, ZHANG Zhi, GUO Wenchao, et al (6488)
Occurrence dynamics and trajectory analysis of <i>Cnaphalocrocis medinalis</i> Guenée in Xing'an Guangxi Municipality in 2010	JIANG Chunxian, QI Huihui, SUN Mingyang, et al (6495)
Adaptability of B-biotype <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) to Host Shift	ZHOU Fucui, LI Chuanming, GU Aixiang, et al (6505)
Structural change analysis of cecal bacterial flora in different poultry breeds using PCR-DGGE	LI Yongzhu, Yongquan Cui (6513)
Effect of chicken manure-amended copper mine tailings on growth of three leguminous species, soil microbial biomass and enzyme activities	ZHANG Hong, SHEN Zhangjun, YANG Guide, et al (6522)
Physiological response of <i>Microcystis</i> to solar UV radiation	WANG Yan, LI Shanshan, LI Jianhong, et al (6532)
Relationship between cell volume and cell carbon and cell nitrogen for ten common dinoflagellates	WANG Yan, LI Ruixiang, DONG Shuanglin, et al (6540)
The community structure and abundance of microcystin-producing cyanobacteria in surface sediment of Lake Taihu in winter	LI Daming, KONG Fanxiang, YU Yang, et al (6551)
Influence of green belt structure on the dispersion of particle pollutants in street canyons	LIN Yinding, WU Xiaogang, HAO Xingyu, et al (6561)
Spatio-temporal variation analysis of urbanization and land use benefit of oasis urban areas in Xinjiang	YANG Yu, LIU Yi, DONG Wen, et al (6568)
Nitrate contamination and source tracing from $\text{NO}_3^-$ - $\delta^{15}\text{N}$ in groundwater in Weifang, Shandong Province	XU Chunying, LI Yuzhong, LI Qiaozhen, et al (6579)
The impact of rising temperature on spring wheat production in the Yellow River irrigation region of Ningxia	XIAO Guoju, ZHANG Qiang, ZHANG Fengju, et al (6588)
A new hyperspectral index for the estimation of nitrogen contents of wheat canopy	LIANG Liang, YANG Minhua, DENG Kaidong, et al (6594)
The feature of $\text{N}_2\text{O}$ emission from a paddy field in irrigation area of the Yellow River	ZHANG Hui, YANG Zhengli, LUO Liangguo, et al (6606)
<b>Review and Monograph</b>	
Research perspective for the effects of nitrogen deposition on biogenic volatile organic compounds	HUANG Juan, MO Jiangming, KONG Guohui, et al (6616)
Recruitment limitation of plant population: from seed production to sapling establishment	LI Ning, BAI Bing, LU Changhu (6624)
<b>Scientific Note</b>	
Response of anatomical structure and photosynthetic characteristics to low light stress in leaves of different maize genotypes	DU Chengfeng, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (6633)

# 2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊\*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 21 期 (2011 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 21 2011

<b>编 辑</b>	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	<b>Edited by</b>	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
<b>主 编</b>	冯宗炜	<b>Editor-in-chief</b>	FENG Zong-Wei
<b>主 管</b>	中国科学技术协会	<b>Supervised by</b>	China Association for Science and Technology
<b>主 办</b>	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	<b>Sponsored by</b>	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
<b>出 版</b>	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	<b>Published by</b>	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
<b>印 刷</b>	北京北林印刷厂	<b>Printed by</b>	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
<b>发 行</b>	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@espg.net	<b>Distributed by</b>	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@espg.net
<b>订 购</b>	全国各地邮局	<b>Domestic</b>	All Local Post Offices in China
<b>国外发行</b>	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	<b>Foreign</b>	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
<b>广告经营 许可证</b>	京海工商广字第 8013 号		

ISSN 1000-0933



9 771000 093118

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元