

中国大城市蔓延的测度研究 ——以杭州市为例

张琳琳¹, 岳文泽^{1,2}, 范蓓蕾³

(1. 浙江大学土地管理系, 浙江 杭州 310058; 2. 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室, 北京 101149;
3. 美国密歇根州立大学规划设计建设学院, 东兰辛 48823, 美国)

摘要: 从土地不连续利用和低人口密度这两个城市蔓延的核心特征出发, 提出了城市土地扩张指标与人口密度指标相结合的蔓延测度方法, 利用杭州市 1978~2010 年的遥感影像, 实证测度中国大城市蔓延的时空动态变化。测度结果表明, 城市土地扩张与人口密度指标相结合的方法测度效果良好, 与实际情况吻合度高。杭州城市蔓延十分典型, 主城区蛙跳式开发以及大部分的边缘增长发生在人口低密度区或较低密度区, 城市发展不紧凑, 蔓延迅速; 阶段特性显著, 在空间上表现为由单一中心向多核心发展的态势。将城市土地扩张与人口密度指标结合来测度城市蔓延是十分有益的尝试, 为中国大城市蔓延的测度研究提供了一种简单、易于推广使用的可选方法。

关键词: 城市蔓延; 测度; 土地扩张; 人口密度

中图分类号: F291.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2014)04-0394-07

城市蔓延是二战后在西方发达国家城市普遍出现的城市用地低效、过度的扩张现象, 带来了诸如耕地被侵占、土地利用低效、环境污染、交通拥挤、市政基础投入成本增加及社会不公平加剧等一系列负面影响^[1-3]。随着城市化进程加快, 中国部分大城市的蔓延现象也开始凸显^[4-7], 因此, 研究如何测度中国大城市的蔓延现象对促进城市可持续发展具有重要意义。

准确界定与合理地测度城市蔓延是研究中国城市蔓延程度、蔓延特征、蔓延机理以及蔓延调控的基本前提。然而, 在这两方面, 现有的国内外研究还有待完善。首先, 人们对城市蔓延的定义还存在着较大争议, 缺少统一、明确的界定标准。很多研究对蔓延的界定十分模糊, 如 Whyte^[8]将城市蔓延界定为“城市郊区采用飞地式开发方式产生的扩展现象”, Gottmann^[9]将其简单地概述为“大都市边缘持续不断的扩张”。为了使城市蔓延的界定更明确, 一些研究从城市蔓延的特征出发对其

进行界定, 主要集中在土地的不连续利用或者“蛙跳式”开发、低密度等特征上^[10-13]。但是, 由于蔓延的特征是多维的, 既包括蔓延的区位、空间形态、土地利用模式等蔓延现象本身的特征, 也包括蔓延的成因、外部影响等特征, 越来越多的蔓延界定将各项维度糅杂在一起, 不但造成逻辑混乱, 而且带来蔓延测度指标选取的难题。其次, 蔓延的测度方法混乱。由于蔓延的复杂性, 测度方法从单一指标发展到多指标, 从 Lopez 和 Hynes^[2]建立的关于人口与土地利用密度的单一蔓延指数, 到越来越复杂的综合蔓延指数。例如, Galster^[14]选取密度、集中度、紧凑度、中心度、核心度和接近度 6 项指标计算标准差和 Z 值, 相加得到综合蔓延指数; Ewing^[15]利用主成分分析法从众多相关因素中筛选出 22 项高度相关的变量组成 4 个因子, 合并因子得分再按照所辖人口标准化得到蔓延指数; Frenkel 和 Ashkenazi^[16]提出了由人口密度、生态指数、土地利用格局 3 个维度 13 个指标组成的蔓延

收稿日期: 2012-12-19; **修订日期:** 2013-02-09

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目(13YJA630120); 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室开放课题(CCA2013.03)及中央高校基本科研业务费专项资金资助。

作者简介: 张琳琳(1989-), 女, 浙江海宁人, 博士研究生, 主要从事城市增长与土地利用变化研究。E-mail: zhanglinlin@zju.edu.cn

通讯作者: 岳文泽, 教授。E-mail: wzyue@zju.edu.cn

测度体系,选用因子分析法从中获取主成分因子,计算加权综合蔓延指数;蒋芳^[17]从城市扩张形态、扩张效率和外部影响3个方面,提出13个测量指标,通过加权求和得到综合蔓延指数来测度北京的城市蔓延。不难发现,这些研究使用的测度指标越来越多,往往多个指标之间存在较高的相关性,使得计算方法也越来越复杂。

由于发展阶段、制度背景、社会文化等存在巨大差异,中国的城市蔓延与西方城市的城市蔓延不论是形态上,还是内在机理上都存在较大的差异。不同于国外伴随着人口迁向郊区、中心区不断衰败的城市蔓延,中国的城市蔓延显现出由政府引导的郊区开发区热,居住郊区化迟于产业郊区化,中心区持续兴盛与城市外围低密度扩张共存等特点^[18-20]。已有的蔓延测度方法大多是针对某一特定研究区而设定的,很少能够适应不同国家、不同地区的城市蔓延测度,使得不同地区的比较研究难以开展。基于此,本文从国内外城市蔓延的核心特征出发,重新界定城市蔓延,使之能够解释不同发展水平的国家和地区的城市蔓延,并且尝试构建一个通俗、计算简便、通用性强的蔓延测度方法。

杭州市是中国改革开放以来发展最为迅速的城市之一,同时作为中国30多个省会大城市之一,其城市蔓延在中国具有很强的典型性与代表性,也引起了国内外学者的重视^[6,21,22]。本文以杭州市为例,利用遥感影像和人口数据,考察其在1978~1991年、1991~2000年、2000~2010年3个阶段中的城市蔓延动态演变情况,通过实证研究来验证所构建的蔓延测度方法。

1 研究区域与数据

1.1 研究区域

杭州市(120.2°E, 30.3°N)地处长江三角洲和钱塘江流域,辖8个市辖区、3个县级市和2个县,总面积16 596 km²。近年来,杭州城市增长迅速,1990年主建成区面积为69 km²^[23],2000年增至177.18 km²^[24],2010年杭州建成区面积已达312.59 km²,20 a来增长了近3.5倍,主城非农业人口从1990年的109.97万人增加到2010年的205.98万人^[25],20 a来增长了0.87倍,建成区扩张

快于城市人口增长。考虑既有的研究基础及数据的可获性,本文的研究范围限定在杭州主城区,包含上城、下城、西湖、拱墅、江干、滨江6个区^①,以街道/乡镇为研究单元(见图1)。

1.2 数据来源及预处理

城市蔓延综合了空间和时间尺度,为更准确地测度蔓延情况,本文采用多时相的杭州市遥感影像数据,包括1978年Landsat 3 MSS的78 m分辨率影像(P128/R39)、2000年Landsat 7 ETM+的30 m+15 m(PAN)影像、1991年和2010年Landsat TM的30 m影像(P199/R39)。在ERDAS平台上对遥感影像进行大气校正和几何校正,统一坐标系统为Gauss. Kruger 3度分带投影,中央经线120°E,并做裁剪处理。采用非监督分类和监督分类相结合的方法,将土地利用分类为农用地、林地、建设用地和水体。在大气校正的遥感影像图上随机选择200个检验样本,参考1987年1:5万地形图和Google Earth高清晰度卫星图片,进行分类精度评价,结果显示总体Kappa系数达80%以上,其中2010年的Kappa系数达90%以上,精度能满足研究要求。

采用杭州1990年、2000年、2010年分街区的人口普查数据。中国人口普查基本上每10 a进行一次,为对应1991年的土地利用数据,需根据1990年、2000年和2010年3个人口普查年份的人口数据推导出1991年的街道人口数据。由于行政区划调整频繁,为保持不同时点的可比性,采用一致性的街道空间单元,街道数据采用2005年街道矢量图。对变化的行政单元做人口数据归并处理,并在ArcGIS平台中将街道的普查人口数据与杭州市街道图关联,建立街道人口数据库。

2 研究方法

2.1 蔓延测度的维度

土地利用不连续和低人口密度是城市蔓延最核心的特征。基于这2个核心特征,本文将城市蔓延定义为,一种非农建设用地以低人口密度的特征、不连续的形态向城市边缘快速、无序的空间扩张模式。

城市蔓延的测度也可简单地划分为土地扩张和人口密度2个核心维度。在所有蔓延测度指标体系中,土地扩张指标和人口密度指标受到的争

① 2001年杭州市行政区划调整将萧山和余杭并入市区范围,使市区面积由原本的683.85 km²扩大到3 068 km²。鉴于萧山和余杭区的数据可获性和可比性,没有将萧山区和余杭区纳入研究区。

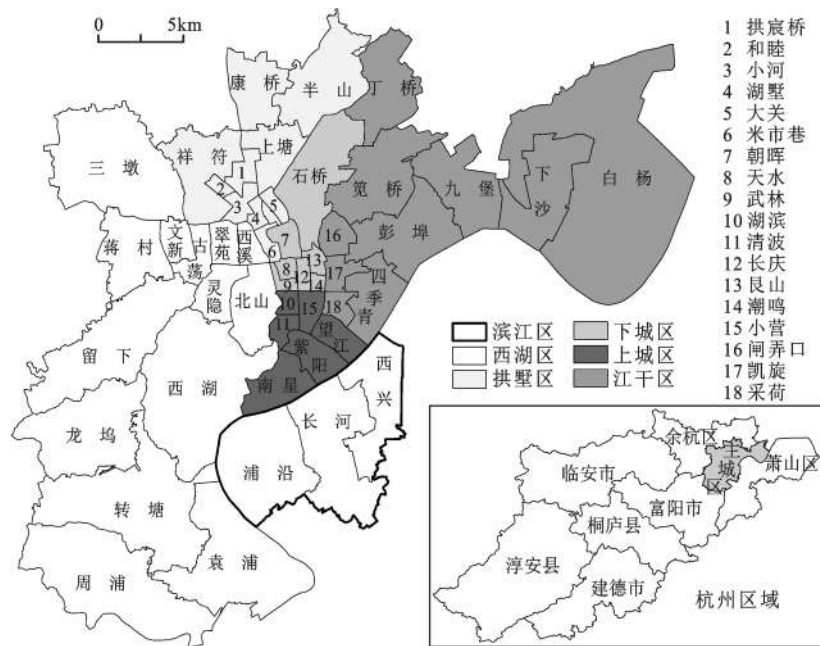


图1 研究区位置

Fig.1 Location of the study area

议较少,不仅相对客观、信息充分,而且计算简便、具有动态性。本文构建的蔓延测度方法的理论基础是,土地、人口、经济和交通等物质的密度越大,城市紧凑度越高^[26],一个地方的人口密度是经济社会发展的表现,如果人口分布密集,那么土地扩张更大程度上起到正的外部性,是有序的、符合开发规律的。所以,本文将土地扩张指标和人口密度指标结合起来测度城市蔓延,即只有当某一城市新增用地既满足土地利用不连续的特征,又满足低人口密度的特征时,才将其确定为蔓延斑块。

2.2 土地扩张指标

本文借鉴 Xu^[27]等的研究,使用新增城市斑块与原有城市斑块的公共边长度 L_c 、新增城市斑块的周长 P 来确定城市土地扩张类型。计算公式如下:

$$S = \frac{L_c}{P} \quad (1)$$

式(1)中,当 $S \geq 0.5$ 时,表示填充式增长;当 $0 < S < 0.5$ 时,表示边缘增长;而当 $S=0$ 时,表示“蛙跳”。所谓“蛙跳”,是指远离城市建成区且与其不相连、独立形成的城市建设用地区块^[16,28],蛙跳斑块与原有斑块不存在公共边。

本文将土地的不连续利用作为构成蔓延的必要条件,而填充式增长属于紧凑型发展,在测度城市蔓延时应从所有新增城市斑块中去除填充

式增长的斑块,采用蛙跳和边缘增长作为土地扩张指标。

2.3 人口密度指标

人口密度表示的是单位面积上的人口数。由于人口密度的连续性,应采用尽可能小的统计单位,在中国的人口普查中,街道、乡镇单元是最小的行政单元,因此本文采用街道(乡镇)单元上的人口密度数据。中国正处于城市化过渡时期,不同时期的街道人口数据分布特征具有很大差异和不确定性。因此,选取相对的标准来确定人口密度的高低,采用四分位法把各个街道(乡镇)划分为低密度、较低密度、较高密度和高密度4个等级。

3 测度结果分析

根据4个年份杭州市土地利用遥感分类的结果,杭州主城区的城市建设用地大幅增加,从1978年的45.702 km²增至2010年的348.056 km²。1991年以前,城市用地增长速度相对较为缓慢,1978~1991年净增16.288 km²,增幅为0.356。1991年以来,城市用地飞速增长,1991~2000年净增91.009 km²,增幅达1.468,2000~2010年城市用地净增约195.057 km²,增幅达1.275。

3.1 土地扩张时空变化

从时间维度看,如表1所列,1978~1991年,“蛙

跳”开发与边缘增长均不明显,蛙跳面积为5.086 km²,蛙跳指数(即蛙跳面积占当期新增城市用地面积的比重)达0.312,边缘增长面积仅2.921 km²;1991~2000年,蛙跳开发与边缘增长都十分明显,面积分别为24.057 km²和64.903 km²,蛙跳指数为0.264;2000~2010年,边缘增长占绝对优势,面积达122.319 km²,蛙跳增速减缓,蛙跳总面积相比前一阶段下降了8.136 km²,蛙跳指数减至0.082。

图2a进一步揭示了主城区土地扩张的时空变化。① 蛙跳斑块集中分布在滨江区和江干区的下沙、杭州经济技术开发区,边缘增长在新开发区周围呈团聚状态。杭州市政府为了吸引更多的制造业投资,在郊区大规模兴建科技园区、开发区,1993年和1996年相继设立杭州经济技术开发区与滨江高新开发区,开发区用地规模不断膨胀,使得1991~2000年增加了大量蛙跳面积。其中滨江区1978~1991年的蛙跳面积为1.111 km²,1991~2000年迅速增长6.162 km²;江干区1978~1991年的蛙跳面积为0.839 km²,1991~2000年迅速增长了11.953 km²。2000~2010年,蛙跳开发减缓,原先在滨江区、下沙和杭州经济技术开发区的蛙跳斑

块周围产生了大量的边缘增长,其中滨江区边缘增长面积为17.420 km²,江干区边缘增长面积为48.785 km²。可见,下沙和滨江已经成为杭州新的增长极。② 老城区中除西湖区以外,上城区、下城区、拱墅区的边缘增长呈现相同的趋势,1991~2000年边缘增长迅速,但随着城市建设用地规模不断增加,可开发空间越来越少,限制了城市的边缘增长,2000~2010年边缘增长相比前一阶段各有不同程度的下降。由于余杭县的三墩和蒋村在1996年并入西湖区,为城市用地拓展提供了空间,减少了可开发空间的限制,因而西湖区三墩、蒋村附近地区的蛙跳和边缘增长持续增加(见表1)。

3.2 人口密度时空变化

从图2b可以明显看出:① 以中心区^①的高人口密度向外围低人口密度呈扇形分布,人口密度高的街道(镇)集中在中心区及其附近街道,如小营、采荷、天水、武林、长庆、西溪、朝晖、米市巷等街道,中心区以外的街道(镇)人口密度则相对较低。② 各街道(镇)间的人口密度差距在缩小。1991~2000年最低人口密度仅170人/km²,最高人口密度达到了35 067人/km²,而2000~2010年,最低人口密度上升

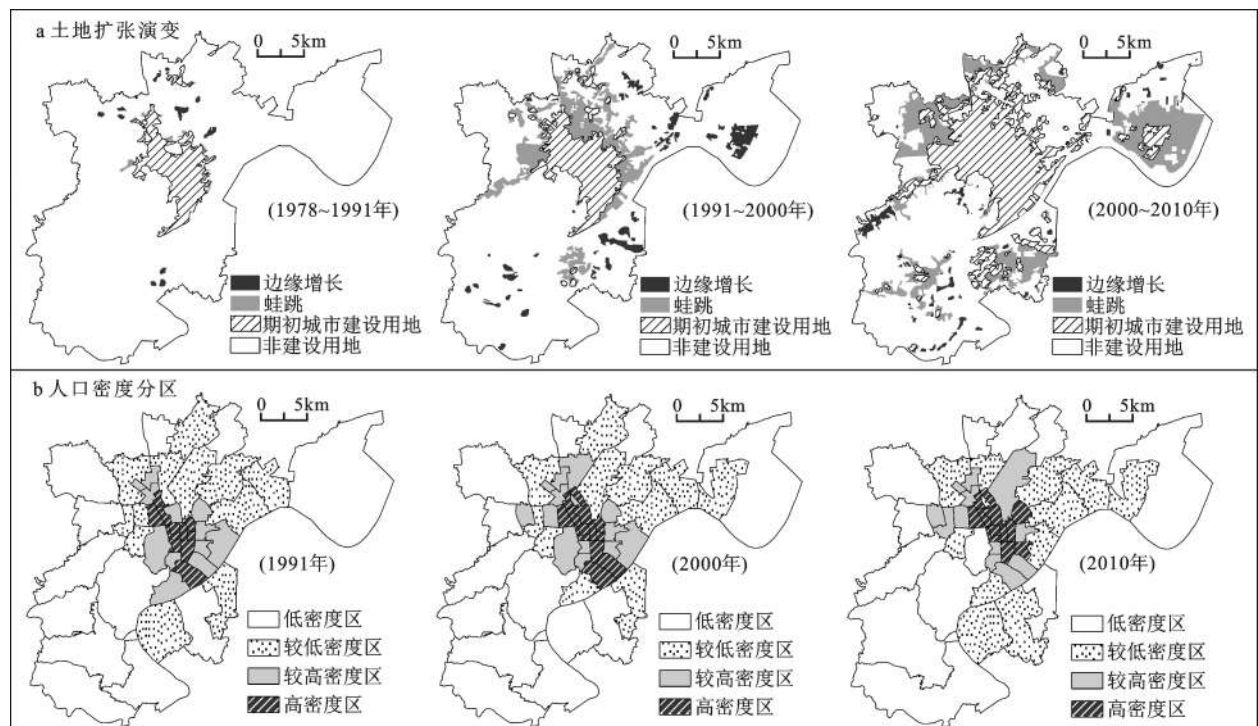


图2 杭州市土地扩张与人口密度的时空演变

Fig.2 Land sprawl and population sprawl in Hangzhou

① 杭州市中心区主要包括天水、武林、长庆、艮山、潮鸣、湖滨、小营及清波8个街道。

表1 蛙跳与边缘增长面积
Table 1 The area of Leapfrog and Edge Growth

	蛙跳面积(km ²)			边缘增长面积(km ²)		
	1978~1991年	1991~2000年	2000~2010年	1978~1991年	1991~2000年	2000~2010年
上城区	0	0	0.001	0.026	2.936	1.601
下城区	1.295	2.094	0.352	0.322	9.282	4.735
拱墅区	1.494	0.535	0.115	1.122	16.630	13.432
西湖区	0.347	3.313	11.620	0.796	14.515	36.346
江干区	0.839	11.953	2.305	0.655	14.660	48.785
滨江区	1.111	6.162	1.528	0	6.880	17.420
合 计	5.086	24.057	15.921	2.921	64.903	122.319

到668人/km²,最高人口密度降至33 936人/km²。
③ 中心区的人口密度下降,而城市周边的密度不断上升,显现出人口离心化现象。2000~2010年,中心区一些街道的人口密度降低,譬如北山街道,呈现负增长的趋势;相反地,下沙和滨江的街区人口密度则从低密度上升为较低密度。不过,由于开发区相应的配套基础设施尚未完善,交通不便,大部分工薪阶层更乐于在城中居住,因此相比中心区的高密度而言,城区外围人口密度仍然较低。

3.3 综合蔓延测度结果

由蛙跳和边缘增长图层与街道(镇)人口密度图层叠加得到综合蔓延测度结果,低人口密度与较低人口密度区的蛙跳及边缘增长斑块被确定为是蔓延的,而较高人口密度和高人口密度区的蛙跳与边缘增长确定为合理的城市扩张。从图3可知,蛙跳斑块全部分布于低人口密度与较低人口

密度区,大部分的边缘增长斑块分布在低人口密度或较低人口密度区。有一部分边缘增长斑块分布于高人口密度与较高人口密度区,发展较为紧凑,是合理的城市扩张。1978~1991年合理的边缘增长有1.084 km²,1991~2000年有超过1/2的边缘增长斑块是合理的城市扩张,而2000~2010年的边缘增长斑块几乎全是蔓延的。

测度结果说明:① 杭州市存在显著的蔓延现象。1978~1991年城市蔓延共有6.923 km²,1991~2000年蔓延面积达65.871 km²,2000~2010年蔓延面积高达137.413 km²,主城区呈现快速蔓延的态势。② 杭州的城市蔓延具有阶段特性,呈现由单一中心向多核心扩散的规律:由中心区向城市周边扩张,在中心区外,逐渐形成下沙区和滨江区两个独立的副中心。1991年以前,城市用地增长相对缓慢,且发生在建成区周围,处于紧凑型发展阶

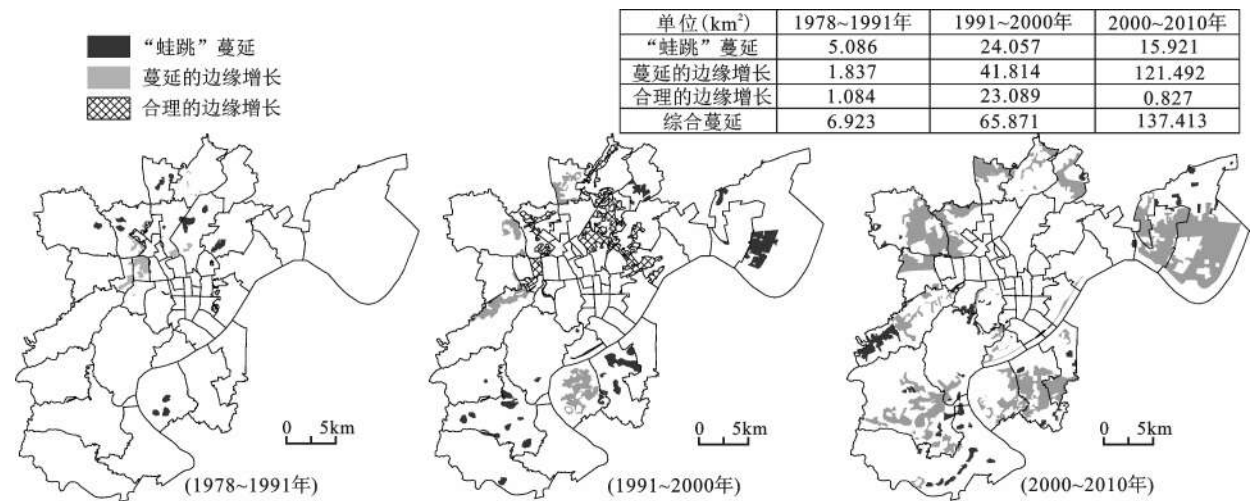


图3 杭州市城市蔓延演变
Fig.3 The evolution of urban sprawl in Hangzhou

段;1991~2000年,远离中心区形成下沙、滨江2个独立的副中心,形成大量蛙跳斑块,处于快速扩散阶段;2000~2010年,下沙和滨江成为新的增长极,开发区向四周扩散,边缘增长和填充型增长将区块内部的蛙跳连接成为一个连续的团,而且使副中心与中心区之间连接增多,主城区变得更加紧凑集中,由扩散向集聚阶段转换。

4 结论与讨论

本文从土地利用不连续和低人口密度两个城市蔓延的核心特征出发,提出了土地扩张与人口密度指标相结合的蔓延测度方法,并通过测度1978~2010年杭州市主城区的城市蔓延,对该测度方法做了实证检验。得出以下结论:

1) 土地扩张与人口密度指标相结合的蔓延测度方法测度效果良好,实证测度的结果与杭州市城市蔓延的实际非常吻合。改革开放以来杭州的蔓延面积增长快速,而且由中心区向城市周边扩张,呈现由单一中心向多核心扩散的态势,下沙和滨江2个区块发展成为城市空间扩张的2个新的增长极。土地扩张与人口密度指标相结合的方法不仅计算简便,而且通用性高,进一步的研究可以采用这一测度方法对中国不同地区的城市蔓延进行测度和对比研究。

2) 本文测度的城市蔓延由低人口密度的蛙跳和边缘增长斑块组成,其中,蛙跳与边缘增长呈现不同的发展特点。综观整个研究期,虽然杭州城市蔓延以边缘增长为主,但是蛙跳却起着空间开拓者的角色,尤其是在新的增长极形成的过程中。1978~2010年蛙跳指数呈不断下降的趋势,大部分原有的蛙跳斑块随着开发区的建设逐渐与其他建设用地斑块连成一片。可见,城市发展有一个动态的过程,城市用地向外扩张时必然会经历从不紧凑逐渐向紧凑发展的过程,土地利用的功能从分隔到连续、从单一性到多样化,城市不连续开发留下的空隙也会随着城市的发展而被填充。

3) 蔓延测度的结果很大程度依赖于研究的时间和空间尺度,时间尺度的选择在城市蔓延的测度研究中尤为重要。本文以10 a为一个研究阶段,如果缩短为以5 a为一个研究阶段,那么蛙跳数量将改变,总的蔓延面积也会改变。这是由于选择的研究阶段越长,更多的蛙跳斑块将由于边缘增长而被填充,使得不连续的土地利用斑块变

得连续,选择较长的研究阶段将失去这些宝贵的变化信息。因此,选择尽量小的时间尺度,缩短每一个阶段的时间间隔,将会使测度结果更加精确。

从上文分析可见,选择合适的蔓延测度指标是准确测度城市蔓延的重要前提,选择合适的空间与时间尺度也是十分重要的技术环节。研究蔓延测度时,应综合考虑这两方面的要求,选择正确的测度指标与合适的时空尺度。

参考文献:

- [1] Burchell R W, Shad N A, Listokin D, et al. The cost of sprawl-revisited[C]. Washington, D C: Transit Cooperative Research Program(TCRP), National Academy of Sciences, 1999:83-125.
- [2] Lopez R, Hynes H P. Sprawl in the 1990s: measurement, distribution, and trends[J]. Urban Affairs Review, 2003, **38**(3):325-55.
- [3] Torrens P M. A Toolkit for measuring sprawl[J]. Applied Spatial Analysis and Policy, 2008, (3):15-36.
- [4] 姚士谋, 陈爽, 吴建楠, 等. 中国大城市用地空间扩展若干规律的探索[J]. 地理科学, 2009, **29**(1):15-21.
- [5] 苏建忠, 魏清泉, 郭恒亮. 广州市的蔓延机理与调控[J]. 地理学报, 2005, (4):626-635.
- [6] 刘卫东, 谭轶骅. 杭州城市蔓延评估体系及其治理对策[J]. 地理学报, 2009, **64**(4):471-425.
- [7] 饶传坤, 韩卫敏. 我国城市蔓延研究进展与思考[J]. 城市规划学刊, 2011, (5):55-62.
- [8] Whyte W H. Urban Sprawl: The exploding metropolis[J]. N.Y Doubleday, 1958:133-156.
- [9] Gottmann J. Megalopolis: the urbanized northeastern seaboard of the United States[J]. Progress in Human Geography, 2008, **32**(3):441-444.
- [10] Clawson M. Urban sprawl and speculation in suburban land[J]. Land Economics, 1962, **38**(2):99-111.
- [11] Ottensmann J R. Urban sprawl, land values and the density of development[J]. Land Economics, 1977, (53):389-400.
- [12] Downs A. New visions for metropolitan America[M]. Washington, D C: The Brookings Institution and Lincoln Institution of Land Policy, 1994.
- [13] Fulton W, Pendall R, Nguyen M, et al. Who sprawls most? How growth patterns differ across the U.S.[M]. Washington, D C: Brookings Institution, 2001.
- [14] Galster G, Hanson R, Michael R R, et al. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept[J]. Housing Policy Debate, 2001, **12**(4):681-717.
- [15] Ewing R, Pendall R, Chen D. Measuring sprawl and its impacts: Volum I[R]. Washington, D C: Smart Growth America, 2004:1-55.
- [16] Frenkel A, Shkenazi M. Measuring urban sprawl: how can we deal with it[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2008, **35**:56-79.
- [17] 蒋芳, 刘盛和, 袁弘. 北京城市蔓延的测度与分析[J]. 地

- 理学报,2007,**62**(6):649~658.
- [18] 顾朝林. 北京土地利用/覆盖变化机制研究[J]. 自然资源学报, 1999,**14**(4):307~312.
- [19] 冯 健. 转型期中国城市内部空间重构[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [20] 李王鸣, 潘 蓉. 精明增长对浙江省城镇空间发展的启示[J]. 经济地理,2006,**26**(2):230~232.
- [21] Li B. Urban sprawl risk assessment based on ecological infrastructure: an approach to smart conservation[R]. 44th ISOCARP Congress,2008.
- [22] Yue W, Liu Y, Fan P. Urban sprawl and its driving process in China: the case of Hangzhou[R]. Seattle: Association of American Geographers-2011 Annual Meeting,2011.
- [23] 国家统计局城市社会经济调查总队. 中国城市统计年鉴 1991 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1991 年.
- [24] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴 2011 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2011 年.
- [25] 杭州市统计局. 2011 杭州统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2011 年.
- [26] 毛广雄, 丁金宏, 曹 蕾. 城市紧凑度的综合测度及驱动力分析——以江苏省为例[J]. 地理科学, 2009,**29**(5): 627~633.
- [27] Xu C, Liu M, Zhang C, et al. The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China [J]. Landscape Ecology,2007,(22):925-937.
- [28] Yue W, Liu Y, Fan P. Polycentric urban development: the case of Hangzhou[J]. Environment and Planning A,2010,**42**(3):563-577.

Measuring Urban Sprawl in Large Chinese Cities: A Case Study of Hangzhou

ZHANG Lin-lin¹, YUE Wen-ze^{1,2}, FAN Bei-lei³

(1. Department of Land Management, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029, China; 2. Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing, 101149, China; 3. School of Planning Design & Construction, Michigan State University, East Lansing, 48823, USA)

Abstract: With rapid urbanization and economic transition, large Chinese cities have increasingly experienced urban sprawl that has been prevalent in the western countries. Despite of a proliferating literature in the concept, impact, mechanism, measurement and control strategy of urban sprawl, scholars have not reached agreements on its definition and approaches of measuring the sprawl. Based on two commonly accepted core characteristics of sprawl, i.e., the discontinuity of land use and low density of population, we proposed to use land expansion index and population density index to define and measure urban sprawl in large Chinese cities and use the main city area of Hangzhou as a case. Based on the socioeconomic data and land use data derived from four scenes of Landsat MSS/TM/ETM+ images in 1978, 1991, 2000 and 2010, we characterized the urban sprawl of Hangzhou over three periods (1978-1991, 1991-2000, 2000-2010). In particular, this study has employed unsupervised and supervised classification methods to interpret the pattern of urban land, GIS spatial analysis to analyze land patches of “leapfrog” and edge-growth, which reflect the discontinuity of land use in urban sprawl, and statistical analysis to investigate population density on a street (or town) scale. The results reveal that Hangzhou has experienced extensive urban sprawl, with the comprehensive sprawl area amounting to 6.923 km² during 1978-1991 but dramatically increasing to 137.413 km² during 2000-2010. Further, population growth rate has lagged behind the land expansion rate in Hangzhou. Moreover, although urban sprawl in different phases displayed distinct characteristics, a polycentric urban development can be identified, with most newly developed urban land concentrated in Binjiang and Xiasha districts. The study indicate that the method of using land expansion index and population density to measure urban sprawl is a simple yet appropriate approach that can be used to other cities in different regions or countries.

Key words: urban sprawl; measurement; land expansion; population density