

# 国内外城市空间扩展研究评析

闫 梅<sup>1,2,3</sup>, 黄金川<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:**城市空间扩展是城市化过程的重要标志,而城市土地利用变化又是城市空间扩展最为直接的表现形式。随着全球城市化的推进,城市空间扩展已成为国内外城市发展研究中的热点领域。国外城市空间扩展研究发端于20世纪60年代的计量地理革命,中国城市空间扩展的研究自80年代中期开始;2000年以来,伴随中国城市化的快速发展,城市空间扩展问题日益突出,城市空间扩展研究逐渐成为热点,有关研究成果更是大量涌现。本文根据国内外城市空间扩展研究内容的变化,运用文献资料法和对比分析法,从扩展形态、扩展模式、动力机制、模拟预测、效应与调控5个方面对城市空间扩展研究进行了系统总结与梳理。在国外与国内比较研究与综合分类基础上,重点评析现阶段国内相关研究的特点和不足,并对中国未来城市空间扩展的研究趋势进行了展望。

**关 键 词:**城市;空间扩展;研究综述;展望

doi: 10.11820/dlkxjz.2013.07.007

## 1 引言

随着全球城市化的推进,不论是发达国家还是发展中国家都曾经处于或正处于城市化驱动的城市土地利用的转化阶段。城市空间扩展是城市化过程以及城市土地利用变化最为直接的表现形式,是城市化过程空间布局与结构变化的综合反映,已经成为国内外城市发展研究中的热点领域。《中国统计年鉴2012》数据显示,改革开放以来,中国城镇人口由1978年的1.73亿增加到2011年的6.91亿,城市化水平由17.92%提高到51.3%,设市城市数量由190个增加到了657个,处于快速城市化发展阶段。以城市空间扩展为特征的中国城市化浪潮和世界上的其他国家一样,是社会经济发展规律的体现,也是中国现在和未来几十年将要面临的主要挑战之一。

随着城市化与城市经济的快速发展,城市建设空前活跃,城市在空间上不断扩张蔓延,城市用地供需矛盾越来越尖锐,城市空间扩展引发的一系列问题亟待解决。在这样的社会经济背景下,自20世纪80年代中期开始,城市空间扩展得到城市地理与城市规划学界的重视,开展了大量研究。但目

前还鲜见对这些研究成果的系统梳理和总结。本文从扩展形态、扩展模式、动力机制、模拟预测、效应与调控5个角度,着重对国内外城市空间扩展的相关研究进行归类综述,评析城市空间扩展5个方面的研究内容、研究方法和研究结论,并对国内目前研究的不足及今后研究方向进行了讨论,以期为快速城市化背景下中国城市空间扩展研究的深化和完善提供借鉴,也为中国城市空间的健康、合理、有序发展提供指导。

## 2 城市空间扩展形态

国外对城市空间扩展的研究主要集中在城市空间形态的定性归纳与定量测度,以及城市空间扩展边界的划分两个方面。

### 2.1 城市空间形态归纳与定量测度

国外不同国家对城市空间形态类型归纳的角度有所区别,欧洲注重景观和几何形态特征,日本关注城市地域结构的分析,美国则较多注意社会、商业、服务业和工业分布的区位特征,以及政治和文化异质性所产生的社会分异现象在城市空间结构形态中的具体表现(于英,2009)。Boyce等(1964)

收稿日期:2013-01;修订日期:2013-03.

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAJ15B01)。

作者简介:闫梅(1987-),女,博士研究生,主要研究方向为经济地理与区域发展。E-mail: yanmeijudy@163.com

通讯作者:黄金川(1973-),男,博士,副研究员,主要从事城市地理与城市规划研究。E-mail: huangjc@igsnrr.ac.cn

从地理学角度提出了城市空间形态的概念。Lee等(1970)则给出了城市空间形态定量测度的方法。Lynch(1981)在总结归纳9种城市形态类型(放射形、卫星型、线形、棋盘型、格状、轴线型、花边式、内敛式、巢状)的基础上从城市各级活动中心的分布、居住单元的组织 and 交通可达性等方面,分析、评价了这些城市形态的优劣。Frankhauser(1990)发表了一系列包括中国城市在内的分维测算和分析结果。Batty等(1994)采用分形理论,分析城市空间扩展形态和城市土地利用空间结构。

国内学者从20世纪80年代开始,围绕城市空间形态进行研究,提出了多种城市形态类型。朱锡金(1987)总结出5大类8种城市空间形态,分别是匀质分布、蛛网、海星状、群体(包括中心城—卫星城、环状、星系、多中心网络等形态)、带状。武进(1990)根据城市伸展轴组合关系、用地聚散状况和平面几何形状,将城市形态划为集中型和群组型两大类,细分为6种典型形态,分别为块状、带状、星状、双城群组、带状群组、块状群组。崔功豪等(1990)研究了城市边缘区的用地形态,发现在空间分布上,工业用地始终位于边缘区扩展的前沿,并带动居住和商业用地的外移。黎夏等(1997)基于多时相遥感数据,采用信息熵定量刻画城市空间扩张的特点和过程,开启了国内基于遥感影像、土地利用等数据,运用GIS技术和数理统计方法对城市空间扩展形态进行定量研究的热潮。研究内容上主要包括空间扩展的规模、速度、强度、扩展方向、空间分异、阶段划分、边界识别等,方法上主要包括GIS空间分析技术、数理统计方法、土地利用变化转移矩阵、流向百分比、动态度、相对变化率、景观指数、时空相关性分析、网格样方法、突变点方法、断裂点和空间分形等方法模型(刘盛和等, 2002)。案例研究十分丰富,涉及全国、区域、大中城市以及山区、城市边缘区等多种尺度(方修琦等, 2002; 王新生等, 2005; 张宁等, 2010)。

## 2.2 城市空间扩展边界划分

城市空间扩展边界的研究在20世纪60-70年代就已十分活跃,代表人物是Friedman和Russum,他们根据与城市中心或建成区的距离来简单划分城市空间扩展边界(Cilliers et al, 2000),这一时期的研究方法主要是定性分析。至80年代,根据一定指标来划分城市空间扩展边界的定量研究逐渐兴起,例如Bryant等(1982)利用城市边缘区内

非农业人口与农业人口之比来确定城市空间扩展边界,Desai等(1987)采用聚集指数和郊区化指数来划分城市边缘区界限。

国内的研究始于20世纪80年代中期,顾朝林、崔功豪、武进、林炳耀、涂人猛等发表了一系列研究成果,如顾朝林等(1989)运用流量分析法对广州城市边缘区的研究。21世纪初期,城市空间扩展边界的研究相对较少,近年来,随着城市蔓延的加剧,相关研究又引起了很多学者的关注。如龙瀛等(2009)提出一种基于约束性元胞自动机来确定城市增长边界的方法;杨建军等(2010)指出了城市增长边界划定中刚性增长边界与弹性增长边界的区别。

综合来看,国内城市空间扩展形态研究从对城市空间的形态学归纳分析,发展到侧重于城市空间扩展过程的动态刻画和城市空间扩展边界的定量确定,着重从城市空间扩展过程、城市土地利用结构变化和城市增长边界等视角,以定量方法研究和识别城市空间扩展形态。

## 3 城市空间扩展过程与模式

在西方经济发展从福特主义到后福特主义转变过程中,在大城市周边,由于产业集聚,产生了许多边缘城市(Scott, 1998)。这些边缘城市一方面与城市中央商务区有着较强的经济联系,同时又是周边地区的经济实体,边缘城市的出现和发展将单一中心城市发展成为多中心的城市。Knox等(2000)研究了洛杉矶城市空间的演变历程,发现后工业城市在形态上更为碎片化,在结构上更为混乱,出现了城市扩展明显“分裂”的特征。

城市空间扩展模式是基于城市空间扩展演变过程的类型总结。经典研究认为,城市空间扩展主要有紧凑扩展和松散蔓延扩展两种模式,两种模式究竟哪种更好,国外学者进行了许多探索。英国经济学家Stone(1973)试图用数据综合分析两种发展模式的费用,最终结论是“不可能发现城市扩展的最佳平衡模式”;Bourne和Hall对两种模式的经济性进行研究,Bourne认为对紧凑的城市空间发展模式的支持者愈来愈多,而Hall(1997)认为不可能总结出一个可以被广泛接受的结论。

有关城市空间扩展模式的研究逐渐细化,出现了三模式、四模式和五模式等多种提法。Berry等(1977)通过大量案例研究,从扩展形态上归纳,认为

城市空间扩展有轴向增长、同心圆式增长、扇形扩展及多核增长等多种模式,并认为“圆形城市”是城市扩展的理想模式。Forman(1995)从景观生态学出发,概括出5种城市扩展模式:边缘式、廊道式、单核式、多核式和散布式。Leorey等(1999)从景观生态学的视角提出了紧凑型(Compact)、边缘或多节点型(Edge or Multi-Nodal)和廊道型(Corridor)等3种空间扩展模式。Camagni等(2002)提出了填充(Infilling)、外延(Extension)、沿交通线扩展(Linear Development)、蔓延(Sprawl)和“卫星城”式(Large-Scale Projects)等5种扩展模式。Wilson等(2003)同样识别出5种类型,即填充式、扩展式、蔓延式、孤岛式和分支式。

20世纪80年代以来,国内许多学者提出了各具特色的城市空间扩展模式。杨荣南等(1997)提出中国城市扩展包括集中型同心圆扩张、沿主要对外交通轴线带状扩张、跳跃式组团扩张和低密度连续蔓延等4种模式。有学者根据大量城市总体规划案例,借鉴发达国家城市增长与空间组织的理论,将中国城市空间扩展概括为多中心网络式、主一次中心组团式和单中心块聚式3种典型模式(王宏伟,2004)。也有学者提出城市空间扩展应基于区域整体视野,采用适度的规模与合理的城市形态,并提出了3种城市空间开发模式:控制型界内高密度开发模式、引导型界外混合开发模式和限制型绿带低强度开发模式(李翊等,2007)。在对中国城市空间增长过程研究中,概括出中国城市发展具有从同心圆圈层式扩展形态走向分散组团形态、轴向发展形态乃至最后形成带状增长形态的发展规律(顾朝林等,2008)。学者们对北京、上海、合肥、广州、重庆等城市空间扩展模式有大量的案例研究,但是由于地域差异性,还没有得到比较通用的城市空间发展模式。对城市空间扩展模式的判识方法的研究也不断拓展,如凸壳原理、空间图形定量方法、夜间灯光强度等(刘纪远等,2003;王新生等,2005;卓莉等,2006)。

综合来看,城市空间扩展模式研究的重点是城市扩展的格局(紧凑/分散)、方向变化、空间扩展类型。当前研究大多集中于单个城市,区域或者国家层面的城市空间扩展模式研究尚比较缺乏。而且,目前城市空间扩展模式研究大多还是基于形态的研究,通过城市在时间序列的变化来研究城市用地在空间上呈现出的演替规律。定量化识别城市空间扩展模式的方法仍需要深化。

## 4 城市空间扩展机制

城市空间扩展机制研究旨在揭示城市空间扩展的演化动因和内部机理,为预测未来城市空间扩展提供依据。城市空间演化是复杂的人地系统相互作用过程,一个城市在某一特定时期,总会存在一些主要的影响因子,主导城市空间扩展的速度和方向(姚士谋等,1995)。在城市空间扩展机制研究中,社会学派认为城市结构的演变本质上就是人类社会经济活动在空间上的反映,城市空间结构是人类空间活动和区位选择的长期累积结果,而集聚与扩散是这个过程中的基本运动形式。

Form(1954)认为,影响城市城市空间扩展的动力包括市场驱动力和权力行为力两大类。Alonso(1964)用级差地租竞争理论解释市场竞争下的城市空间扩展,并认为经济发展的周期性变化决定了城市空间扩展形式的周期性更替,城市产业集聚和产业结构演变一直是城市空间扩展的直接动力。Harvey(1978)通过城市空间扩展过程的研究,证实了郊区发展和市中心衰退都与财政供应相对难易程度直接相关。交通导向论则认为交通线路的开辟与建设成为空间扩展的伸展轴,对城市空间扩展有指向作用。Stern等(1992)认为城市空间扩展的驱动力包括人口变化、贫富状况、技术变化、经济增长、政治和经济结构以及价值观念等。McNeil(1994)研究了政治、经济、人口和环境4类驱动因子对城市土地变化的驱动作用。Ladis等(1999)研究了轨道交通站点对周边城市开发的影响,提出轨道交通对城市化的影响不是自发的,需要政府土地政策的支持。Muller(2004)分析了北美地区自19世纪以来4种交通出行方式对城市形态及城市内部格局演变的影响。Liu等(2003)研究了家庭数量的增加或住户成员的减少导致对城市土地面积的需求增加而引起城市空间扩张,进一步验证了家庭生命周期说对于城市空间的解释意义。国外学者在这方面的研究成果,归纳起来分为5类:动力因素、自然机制、市场机制、社会价值机制和政治权力机制(刘盛和,2002)。

国内对于城市空间扩展动力机制的研究可分为多种因素的综合性研究和单因素的研究两类。

### 4.1 综合性研究

综合性研究中具代表性的有:武进(1990)从社会、经济、文化和自然等角度,探讨了中国城市发展演变的动力机制,并预测其发展趋势。杨荣南等

(1997)认为,经济发展、自然地理环境、交通建设、政策与规划控制、居民生活需求等是影响城市空间扩展的主导因素。顾朝林等(2000)指出,城市空间结构的增长始终受到无意识的自然生长发展及有意识的人为控制两个力的制约与引导。张庭伟(2001)认为影响城市的社会力量可简约地分为政府力、市场力和社区力,一个完整的理论框架应包括对政府、市场和社会3个方面的分析,这3种力的相互作用有合力模型、覆盖模型和综合模型3种可能的模式。鲁奇等(2001)发现北京市的空间扩展主要与政治以及社会意识形态改变、政策和制度变化、经济实力增强和人口增长等因素密切相关。修春亮等(2005)将葫芦岛市空间扩展的驱动力归纳为理性规划力、市场力、政府发展冲动、民间创业冲动和环境吸引力等方面。

#### 4.2 单因素研究

单因素的研究中对交通因素的研究为最多,如侯敏等(2007)用逻辑回归模型计算各交通因子对城市空间形态的影响系数,定量揭示出交通对城市空间扩展的影响大小;边经卫(2009)则探讨了轨道交通对城市空间扩展的影响,认为轨道交通对引导城市空间结构调整、促进城市发展轴形成、带动城市中心区和副中心区发展具有重要作用。

另外也有学者从制度、政策、投资、行政区划、房地产开发等单因素角度进行了深入探讨(梅志雄, 2009; 杨山等, 2010)。如张京祥等(2008)对城市空间扩张的制度因素进行了分析,认为改革开放以来,制度力成为深刻影响中国城市空间扩张与结构演变的关键因素,在转型期加快地方政府治理体系、土地制度、土地规制等相应的制度性变革,才是实现城市空间集约增长、理性增长的根本之策。李开宇(2010)研究了行政区划调整对城市空间扩展过程的影响,提供了城市空间扩张动力机制研究的新视角。

综合现有研究来看,在研究方法上,对于城市空间扩展动力机制的研究既有定性的演绎分析,也有定量的实证研究,其中定性分析方法主要用于分析气候、水文等难以量化的因子。目前国内研究大部分是基于遥感数据的定量描述,方法上以因子分析、聚类分析、多元回归分析、相关分析等统计分析方法为主(李治等, 2008; 史培军等, 2000),空间视角的定量分析还比较缺乏;在研究内容上,综合性研究仍然需要进一步拓展,单因素研究由于能够深入,是近年来研究的一个趋势。城市空间扩展是多

种因素综合作用的结果,人口、产业、技术等社会经济因素是驱动城市空间扩展的主导力量,而地形、水文、矿藏、生态环境等自然地理因素则是限制城市空间扩展的主要原因,进行不同类型城市空间扩展的动力机制分析和探讨时需要因地制宜。

## 5 城市空间扩展模拟

地理空间格局和演化过程的模拟与预测是地理学研究的重要内容之一。20世纪60年代计量经济模型开始应用于城市发展研究,具有仿真功能、“自上而下”的系统动力学模型在反映城市动态演化方面发挥了重要作用。随着城市微观研究的深入,“自下而上”的建模思想逐步受到推崇,催生了智能化的城市空间模拟和预测方法。其中常用的模拟模型有元胞自动机模型(CA)、多智能体模型(MAS)等。

### 5.1 基于元胞自动机(CA)模型的模拟

元胞自动机(Cellular Automata, CA)模型早期主要应用于生物、物理过程的演化研究(White et al, 1993)。1979年, Tobler 首先提出CA模型在地理模拟中的应用潜力,并采用CA模型模拟当时美国五大湖地区底特律城市的扩展(Tobler, 1979)。随后Helen Couclelis对元胞自动机模型在城市扩展动态模拟中的作用进行了更深入的研究(Batty et al, 1994)。CA模型由于具有较强的模拟空间复杂系统时空演变的能力,而且与GIS有很好的兼容性,比较适合城市扩展模拟研究。White等(1993)对圣卢西亚的CA模拟研究是具有开创意义的实证研究,计算了每个元胞转化为相邻其他用地的潜力,之后大量CA模型也都应用了类似的转换规则。SLEUTH模型是Clarke等(1997)在CA基础上开发的较为成熟的CA城市模型,它把CA城市模型最重要的部分——参数定义的复杂过程转化为简单的迭代运算,并应用于旧金山的城市模拟,随后在北美、欧洲和亚洲等地被广泛应用。

国内对CA研究较早的有周成虎等(1999)和黎夏等(1999);周成虎等对地理元胞自动机进行了较系统的全面介绍;黎夏等则将蚁群算法、粒子群算法、遗传算法和人工神经网络算法等引入到CA模拟中,并开发了GeoSOS系统,对城市动态模拟作出了重要贡献,对CA模型在中国的应用也起到了很大的推动作用。CA模型在国内城市空间扩展研究中已经得到广泛应用,如何春阳等(2002)建立了

基于CA的大都市区城市扩展模型,并利用该模型对北京地区城市发展过程进行模拟;龙瀛等(2008)提出了适应综合约束条件的状态转换规则识别方法,建立了集成考虑近邻约束条件、宏观社会经济约束条件、空间约束条件和规划控制约束条件的综合约束CA城市模型;SLEUTH模型可应用于城市扩展的模拟和预测研究,该模型同样也适用于小尺度区域的扩展模拟(李明杰等, 2010; 张岩等, 2007)。

CA模型是许多城市模拟模型的基础。基于CA模型的城市空间动态模型主要集中在两个方面:一是对虚拟城市空间发展演变过程的模拟,二是对城市实际发展过程进行重建并对城市未来可能的发展趋势进行预测。随着CA模型研究的深入,一些缺点也引起了人们的注意,例如,当系统对象不以CA内在方式分布时,则不能反映真实的空间关系;此外,它也不能表示由于自治、异质、去中心化等人类决策所带来的影响(薛领等, 2002)。CA模型的约束规则、解释力、模拟的平衡性和软件的实用性等问题都有待于进一步研究。

## 5.2 基于多智能体(MAS)模型的模拟

多智能体模型(Multi-Agent System, MAS)通过模拟和观察大量个体的微观行为来研究系统整体的宏观规律,在把握微观个体行为规律的基础上,在空间尺度上对人们的行为加以整合,从而对城市和区域发展进行动态模拟和预测,能较好地解决宏观尺度的决策过程和微观尺度分析过程的整合问题(Benenson, 1998)。MAS通过对智能体行为的模拟,构建了一种与CA不同的建模思路,对真实城市的模拟具有更高的可信度(Ligmann-Zielinska et al, 2010),因此,近年来在城市空间扩展模拟中得到快速发展。

国际上对于MAS方法的理论框架及的研究已经比较成熟,如Crooks等(2008)提出了MAS应用的7个关键环节:建立模型的目标、模型在多大程度上立足独立理论、可否被复制应用、模型校准与认证方法、模型的动态表达、模型可操作性以及模型的交流和共享。国外MAS广泛应用于城市形态演化、城市土地利用变化、城市居住形态、城市商业形态等领域(Ligtenberg, 2004)。例如,Loibl等(2003)提出了一个模拟郊区系统多中心发展的MAS模型,模拟了在区域和地方多因素吸引/约束下的郊区人口迁移及商业形成。同时,在研究过程中,基于MAS模型的相关软件也相继被开发出来(Swarm、NetLogo、Ascape、RePast等),产生了一系

列比较成熟的MAS模型,如MAGS(Multi-Agent Geo-Simulations)系统。英国伦敦大学等高校提供了多个体模拟的平台,给世界各地的城市模拟研究者开创新的研究领域提供了可能性(陈蔚等, 2012)。这些都大大加快了MAS的推广和应用。

国内学者在MAS对城市空间扩展的模拟应用方面也进行了大量研究。薛领等(2003)采用基于主体建模的方法设计了一个城市空间演化的模拟模型,探索城市中居民、企业等大量微观主体非线性交互互动而导致的宏观空间结构的演化过程。李新延等(2005)从城市用地演变机制出发,利用MAS技术构造了一个模拟城市用地演变的模型。张鸿辉等(2008)以MAS理论为基础,设计城市土地资源时间和空间配置规则,构建了一个动态的城市土地扩张模型,可以较好地解释城市土地扩张的成因和影响。Long等(2009)开发了“城市形态—交通能耗—环境”一体的MAS模型,对潜在的通勤交通能耗和环境影响的关系进行定量识别,探索了MAS应用于空间规划中能耗和环境影响评价的可行性。这些成果在很大程度上推进了中国城市的空间模拟研究。

尽管MAS的理论框架已经比较成熟,但是从现有应用来看,MAS也存在一些困扰,如微观数据的获取、行为主体的合理选择和偏好界定、解释能力和预测能力的提高等等。解决这些问题,需要基于人文—经济地理学的理论,对城市发展的微观机制,特别是各类主体的行为和相互作用,以及人文活动对资源环境的影响和响应机制进行深入的理论分析和实证研究,为MAS模拟提供科学依据。

## 5.3 其他模拟方法的综合应用

除CA和MAS这两种应用较广的模型之外,Logistic回归方程(姜文亮等, 2008)、人工神经网络(徐颖等, 2008)、分形理论(肖汉等, 2010)、CLUE-S模型(余婷等, 2010)、支持向量机模型(张豪等, 2010)等方法在城市空间扩展模拟中也得到了较多应用。总的来看,城市空间扩展模拟的方法很多,国外城市空间扩展模拟预测研究取得了长足发展,提出的新方法与新模型,为中国城市空间扩展模拟预测研究提供了有益参考。

由于各种模型都有其优缺点,加上城市系统的复杂性,学者们也越来越意识到用一种方法很难达到良好的模拟效果,近年来,出现了一些集成多种模型的研究。秦贤宏等(2009)利用系统动力学模型在情景模拟、宏观因素分析上的优势和元胞自动机

模型在微观土地利用空间格局模拟上的优势,构建了一个耦合 SD 和 CA 的城镇土地扩展模拟模型。这种多种模型协同整合的做法是未来城市空间模拟的重要发展趋势之一(Batty, 2011)。

## 6 城市空间扩展效应与调控

城市空间扩展带来的建设用地扩张,不仅是城市发展研究的重要组成部分,也是全球环境变化的一部分(曾辉等, 2000),其对生态环境带来的负面影响是客观存在的,为应对全球性的城市蔓延和城市空间无序发展,遏制城市扩张对生态环境的负面影响,城市空间扩展的调控越来越受到关注。

### 6.1 城市空间扩展的生态环境效应

Berry等(1977)于20世纪70年代研究大气污染与城市形态之间的关系时发现,在同心圆、带状、方格状、环射状和星状等城市形态中,星状城市景观对消除大气污染的效果最好,这一结论被广泛应用于城市景观生态规划、管理以及城市廊道效应研究(宋治清等, 2004; 宗跃光, 1999)。Carlson等(2000)则研究了城市化带来的土地利用变化对地表气候和水文的影响。研究城市空间扩展对生态环境的影响,越来越成为发现和解决城市问题的一个重要途径。

近年来,国内有关城市空间扩展对生态环境的影响以及生态环境对城市空间扩展的约束效应的研究越来越多,有的从生态环境综合质量来分析,有的从气候气象、水文水质等单一要素进行研究,也有基于生态系统服务价值来评估城市空间扩展效应。例如,傅伯杰等(1999)以延安市羊圈沟流域为例探讨了黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响。岳书平等(2007)根据中国东北样带上不同的土地利用组合类型,分析了近30年来不同类型区土地利用变化对生态系统服务价值的影响。这些研究基于遥感技术,提取定量生态环境参数和土地利用变化参数,建立模型,研究城市拓展对生态环境的影响。目前来看,研究中采用的指标参数不够丰富,对城市空间扩展引起生态环境效应的预测模拟也相对较少。

城市空间扩展无疑是区域生态环境变化的重要驱动因素;反过来,人类对生态环境保护的觉醒,以及由此形成对城市空间扩展的约束机制和响应措施,正越来越成为城市空间扩展的阻力。生态环境对城市空间扩展约束的研究开始受到关注,如杨

冬辉(2001)综合运用规划、管理与法制等手段来协调城市空间扩展中的环境与发展、效率与公平、私有利益与公共利益的关系,建立了与城市空间扩展相对应的城市环境约束机制。

### 6.2 城市空间扩展的调控研究

国际上针对城市空间蔓延产生了一系列的城市空间发展理念,如“精明增长”、“紧凑型城市”、“新城市主义”、“城市更新”、“绿色发展”等。针对不同理念的理论基础、实施方法和运行效果等,国内外学者进行了大量研究。其中,划定城市增长边界(UGB)、城市绿带政策和紧凑城市规划具有较大的影响力。① UGB可以在控制城市增长和维持城市生态格局方面发挥重要作用。Kline等研究表明,设立城市增长边界对郊区农用地转为城市用地有明显约束的作用。但有研究指出,UGB在实践中也存在许多问题,中国应注重综合考虑自然资源条件和生态敏感性,增强城市增长边界的弹性,而不能单纯借鉴发达国家的这一概念(刘海龙, 2005)。② 城市绿带政策最早由霍华德提出,在大伦敦规划中得到了实践应用,对控制城市格局、改善城市环境、提高居民生活质量有显著作用。但是城市绿带政策也面临着通勤成本增加、城市热岛效应加剧等一系列挑战(Bengston et al, 2006)。北京市摊大饼式的空间扩展过程也足以表明单一的城市绿带政策难以阻止城市蔓延(Yang et al, 2007)。③ 紧凑型城市以高密度、混合土地利用、有效的公共交通系统和步行导向的居住为特征,更多关注城市发展形态。城市应该紧凑还是分散发展一直存在争论。Millward(2006)对全球六大城市空间控制策略效果进行对比分析后认为,紧凑型城市发展政策和城市用地混合利用都有利于控制城市蔓延问题。Chen等(2008)从环境视角定量评价了中国城市紧凑发展的利弊,认为中国城市的高人口密度适合紧凑的城市发展理念,但是应当注意在实践中探寻适合中国国情的城市发展道路。

国内许多研究也注意对调控城市空间扩展的手段和切入点进行探讨。张波等(2008)基于经济学分析认为,在市场经济条件下,城市土地使用年租制度是实施城市空间增长管理的有效手段。朱喜钢(2000)提出将“有机集中”作为南京市城市空间调整的基本思路。陈爽等(2009)提出以城市规划的有效性代表用地布局的合理性,以地块闲置概率指示空间开发质量,定量评估城市增长管理效能。黄晓军等(2009)从城市增长模式、空间优化布局、房地产

开发控制与引导、快速交通体系建设、耕地与生态系统保护等5个方面提出了消减城市蔓延的调控路径。

整体来看,国外城市增长管理的理论与实践相对比较成熟,而国内对城市空间扩展调控的相关研究历史短,基本上处于对国外城市增长理念的学习阶段,研究也多以借鉴国外城市发展的理念策略、反思国内城市发展史和实证分析为主,而较少关注其在中国城市建设过程中融合运用的内在机理,也没有形成具有本土特点的城市空间管理理论。

## 7 结论与展望

国外学者关于城市空间扩展的研究在理论和技术方面都取得了丰富的成果。国内城市空间扩展研究具有以下特点和发展趋势。

### 7.1 中国城市空间扩展研究的特点

(1) 在理论研究方面,更加注重从城市空间扩展过程中深化空间扩展的动力机制与扩展模式研究,也开始总结形成一些有普遍意义的规律和模式,出现了一些有价值的成果。但是相关研究以借鉴和引用国外为主,研究成果基本上集中于归纳总结,而推理演绎研究相对欠缺;以为政府咨询、规划等服务的应用型研究为主,而理论型研究深入不够,原创的理论方法较少。

(2) 在案例研究方面,注重将科学研究与解决城市发展问题、指导城市规划建设实践紧密结合,出现了一批有特色的个案研究,研究尺度也涉及全国、城市密集区、单个城市、城市边缘区等,对认识城市空间扩展的复杂性与多样性具有重要的理论价值和实践意义。在中西部等欠发达地区城市(如山地城市、绿洲城市、河谷型城市)的空间扩展也出现了一些有见地的研究成果。但总体而言,研究对象以特大城市和经济发达地区的单个城市为主,对中西部城市以及区域性的研究相对不足。

(3) 在研究内容方面,2005年之前以城市空间形态、模式、动力机制的研究为主;2005年以来,城市空间扩展模拟和调控越来越成为研究的热点,并取得了一批有价值的研究成果,但是适用城市空间扩展合理性的动态模拟体系尚不完善,研究结果缺乏可比性。关于城市空间扩展调控手段和策略缺乏深入研究,如何与中国社会制度和经济建设现状相结合更是较少探讨,提出的调控对策和措施的前瞻性不足,可操作性不强。

(4) 在国际接轨方面,国内学术界开展了多种形式的国际合作、交流活动。从学术成果来看,基本上仍然以介绍国外城市空间扩展与演变的学术思想为主,有关中国城市空间扩展的研究成果很少见诸于国际权威、主流学术期刊,国内研究滞后于国际研究趋势。

### 7.2 中国城市空间扩展研究的发展趋势

随着中国城市化步入快速发展轨道,未来中国城市空间扩展研究应在以下几方面进一步加强:

(1) 研究内容上,城市空间扩展模拟与预测正在并将越来越成为研究的重点和热点,而城市空间扩展调控则是国内未来研究城市空间扩展的重要落脚点。如何结合中国实际,找到适用的城市空间扩展的动态模拟体系是未来要实现的目标;要加强城市空间扩展与区域生态、粮食安全之间耦合关系的研究,并制定相应的政策响应机制,以促进城市在空间上健康有序发展。对影响城市空间扩展的驱动因素和响应机制,要进行深入的理论分析和实证研究,为空间模拟和调控提供科学依据。

(2) 研究对象上,应该加强区域尺度和经济欠发达地区的城市空间扩展规律研究。区域尺度上,加强对城市群、城镇密集区等城镇群体空间扩展规律的探讨,揭示城市空间在大时空尺度上扩展的特征以及城市群体之间的相互作用规律。特别要关注中西部经济欠发达地区的城市空间扩展研究,通过深化与发达地区城市空间扩展规律的对比研究,更好地指导中西部城市的持续、有序、健康发展。另外,鉴于城市空间扩展的连续性,要重视案例城市的后续性研究,这对城市空间扩展的动态变化研究十分重要。

(3) 加强多学科多领域的综合交叉融合,不断提升城市空间扩展的综合研究水平。地理学的特点在于综合,这也是地理学的优势和当前发展的总趋势。城市空间扩展涵盖的内容涉及地理学、经济学、社会学、生态学、环境学、城市规划学等诸多学科的方方面面,更加需要综合性的研究来支撑。为此,需要进一步加强新技术、新方法及新技术集成在城市空间扩展研究的应用,不断借鉴其他学科的研究经验和方法,不断强化学科间的交叉融合研究。

(4) 立足国内城市发展现状和研究环境,创新理论和方法,缩小与国际研究的差距。国外的理论和方法多是来自于国外城市发展和科学研究的实际,国内城市空间扩展研究也应该根植于中国的城

市发展和学科环境,因此,在借鉴国际先进经验时,应更多地针对国内研究区的实际情况,在总结前人研究基础上寻求突破,对已有的理论方法进行凝练和提高,形成具有中国特色的城市空间研究理论和方法体系。

## 参考文献(References)

- Alonso W. 1965. Location and land use. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Batty M. 2011. Molding and simulation in geographic information Science: Integrated models and grand challenges. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 21: 1959-1977.
- Batty M, Xie Y. 1994. From cells to cities. *Environment and Planning B*, 21(7): 31-48.
- Benenson I. 1998. Multi-agent simulations of residential dynamics in the city. *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(1): 25-42.
- Bengston D N, Youn Y C. 2006. Urban containment policies and the protection of natural areas: The case of Seoul's greenbelt. *Ecology and Society*, 11(1): 3.
- Berry B J L, Gillard Q. 1977. The changing shape of metropolitan America: Commuting patterns, urban fields, and decentralization processes, 1960-1970. Pensacola, FL: Ballinger Publishing Company.
- Bian J W. 2009. Development patterns of urban rail transit and spatial structure. *Urban Transport of China*, (5): 40-44. [边经卫. 2009. 城市轨道交通与城市空间形态模式选择. *城市交通*, (5): 40-44.]
- Boyce R R, Clark W A V. 1964. The concept of shape in geography. *The Geographical Review*, 54(4): 561-572.
- Bryant C, Russwurm L, McLellan A, et al. 1982. The city's countryside: Land and its management in the rural-urban fringe. London: Longman.
- Camagni R, Gibelli M C, Rigamonti P. 2002. Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological Economics*, 40(2): 199-216.
- Carlson T N, Arthur S T. 2000. The impact of land use-land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: A satellite perspective. *Global and Planetary Change*, 25(1): 49-65.
- Chen H, Jia B, Lau S S Y. 2008. Sustainable urban form for Chinese compact cities: Challenges of a rapid urbanized economy. *Habitat International*, 32(1): 28-40.
- Chen S, Yao S M, Wu J P. 2009. Policy instrument of urban growth management and its effectiveness in Nanjing. *Acta Geographica Sinica*, 64(4): 487-497. [陈爽, 姚士谋, 吴剑平. 2009. 南京城市用地增长管理机制与效能. *地理学报*, 64(4): 487-497.]
- Chen W, Gao X L, Shen Z J. 2012. Application of multi-agent system in simulation of urban development: A review. *Progress in Geography*, 31(6): 761-767. [陈蔚, 高晓路, 沈振江. 2012. 多主体系统在城市发展模拟中的应用. *地理科学进展*, 31(6): 761-767.]
- Cilliers S S, Bredenkamp G J. 2000. Vegetation of road verges on an urbanization gradient in Potchefstroom, South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 46(4): 217-239.
- Clarke K C, Hoppen S, Gaydos L. 1997. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. *Environment and Planning B*, 24(2): 247-261.
- Crooks A, Castle C, Batty M. 2008. Key challenges in agent-based modelling for geo-spatial simulation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(6): 417-430.
- Cui G H, Wu J. 1990. The spatial structure and development of Chinese urban fringe. *Acta Geographica Sinica*, 45(4): 399-411. [崔功豪, 武进. 1990. 中国城市边缘区空间结构特征及其发展: 以南京等城市为例. *地理学报*, 45(4): 399-411.]
- Desai A, Gupta S S. 1987. Problem of changing land-use pattern in the rural-urban fringe. New Delhi, India: Concept Publishing Company.
- Fang X Q, Zhang W B, Zhang L S, et al. 2002. The urban expansion and the evolution of urban fringe in Beijing in the 20th century. *City Planning Review*, 26(4): 56-60. [方修琦, 章文波, 张兰生, 等. 2002. 近百年来北京城市空间扩展与城乡过渡带演变. *城市规划*, 26(4): 56-60.]
- Form W H. 1954. The place of social structure in the determination of land use. *Social Forces*, 32(4): 317-323.
- Frankhauser P. 1990. Aspects fractals des structures urbaines. *L'Espace géographique*, 19(1): 45-69.
- Fu B J, Chen L D, Ma K M. 1999. The effect of land use change on the regional environment in the Yangjuangou Catchment in the Loess Plateau of China. *Acta Geographica Sinica*, 54(3): 241-246. [傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 1999. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响: 以延安市羊圈沟流域为例. *地理学报*, 54(3): 241-246.]
- Gu C L, Wu L Y. 2008. Review on major studies on urbanization in China. *Urban Problems*, (12): 2-12. [顾朝林, 吴莉娅. 2008. 中国城市化研究主要成果综述. *城市问题*, (12): 2-12.]
- Gu C L, Xiong J B. 1989. On urban fringe studies. *Geographical Research*, 8(3): 95-101. [顾朝林, 熊江波. 1989. 简论城市边缘区研究. *地理研究*, 8(3): 95-101.]
- Gu C L, Zhen F, Zhang J X. 2000. Concentration and diffusion: A new theory of urban spatial structure. Nanjing, China: Press of Southeast University. [顾朝林, 甄峰, 张

- 京祥. 2000. 集聚与扩散: 城市空间结构新论. 南京: 东南大学出版社.]
- Hall P. 1997. The future of the metropolis and its form. *Regional Studies*, 31(3): 211-220.
- Harvey D. 1978. The urban process under capitalism: A framework for analysis. *International Journal of Urban and Regional Research*, 2(1-4): 101-131.
- He C Y, Chen J, Shi P J, et al. 2002. Study on the spatial dynamic city model based on CA(cellular automata) model. *Advance in Earth Sciences*, 17(2): 188-195. [何春阳, 陈晋, 史培军, 等. 2002. 基于CA的城市空间动态模型研究. *地球科学进展*, 17(2): 188-195.]
- Hou M, Zhu R F. 2007. A study of the influence of traffic in Beijing on urban morphology. *Bulletin of Surveying and Mapping*, (12): 59-61. [侯敏, 朱荣付. 2007. 北京地区交通对城市空间形态的影响研究. *测绘通报*, (12): 59-61.]
- Huang X J, Li C G, Huang X. 2009. The mechanism and regulation pathway of urban sprawl of Changchun. *Progress in Geography*, 28(1): 76-84. [黄晓军, 李诚固, 黄馨. 2009. 长春城市蔓延机理与调控路径研究. *地理科学进展*, 28(1): 76-84.]
- Jiang W L, Zhang X T, Li L, et al. 2008. Urban spatial expansion forecast based on GIS & spatial logistic regression model: A case study for Longgang, Shenzhen. *Science of Surveying and Mapping*, (4): 172-174. [姜文亮, 张晓通, 李霖, 等. 2008. 基于GIS和空间逻辑回归模型的城市空间扩展预测: 以深圳市龙岗区为例. *测绘科学*, (4): 172-174.]
- Knox P L, Pinch S. 2000. *Urban social geography: An introduction*. Harlow, UK: Pearson Education Limited.
- Ladis J, Cervero R. 1999. Middle age sprawl: BART and urban development. *Acess: The Magazine of UCTC*, (14): 2-15.
- Lee D R, Sallee G T. 1970. A method of measuring shape. *The Geographical Review*, 64(4): 555-563.
- Leorey O M, Nariidac S. 1999. A framework for linking urban form and air quality. *Environmental Modelling & Software*, 14(6): 541-548.
- Li C, Lv B. 2007. Discussion on some influencing factors concerning intensive use of urban land and the mode of land use. *Natural Resource Economics of China*, (8): 7-9. [李翹, 吕斌. 2007. 城市土地集约利用的影响因素及用地模式探讨. *中国国土资源经济*, (8): 7-9.]
- Li K Y. 2010. Research on the urban spatial expansion under administrative district adjustment: A case study of Panyu District of Guangzhou. *Economic Geography*, 30(1): 22-26. [李开宇. 2010. 行政区划调整对城市空间扩展的影响研究: 以广州市番禺区为例. *经济地理*, 30(1): 22-26.]
- Li M J, Qian L X, Wu Z F, et al. 2010. The SLEUTH model simulation of high density urban sprawl in Haizhu District of Guangzhou City. *Acta Geographica Sinica*, 65(10): 1163-1172. [李明杰, 钱乐祥, 吴志峰, 等. 2010. 广州市海珠区高密度城区扩展SLEUTH模型模拟. *地理学报*, 65(10): 1163-1172.]
- Li X Y, Li D R. 2005. Application of multi-agent system to forecasting and analyzing urban land-use changes. *Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering*, 38(5): 109-113. [李新延, 李德仁. 2005. 应用多主体系统预测和分析城市用地变化. *武汉大学学报: 工学版*, 38(5): 109-113.]
- Li X, Yeh A G O. 1997. Application of remote sensing for monitoring and analysis of urban expansion: A case study of Dongguan. *Geographical Research*, 16(4): 56-62. [黎夏, 叶嘉安. 1997. 利用遥感监测和分析珠江三角洲的城市扩张过程: 以东莞市为例. *地理研究*, 16(4): 56-62.]
- Li X, Yeh A G O. 1999. Constrained cellular automata for modelling sustainable urban forms. *Acta Geographica Sinica*, 54(4): 159-166. [黎夏, 叶嘉安. 1999. 约束性单元自动演化CA模型及可持续城市发展形态的模拟. *地理学报*, 54(4): 159-166.]
- Li Z, Li G P. 2008. An empirical study of China's urban expansion factors. *Journal of Tongji University: Social Science Section*, 19(6): 30-34. [李治, 李国平. 2008. 中国城市空间扩展影响因素的实证研究. *同济大学学报: 社会科学版*, 19(6): 30-34.]
- Ligmann-Zielinska A, Jankowski P. 2010. Exploring normative scenarios of land use development decisions with an agent-based simulation laboratory. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(5): 409-423.
- Ligtenberg A. 2004. A design and application of a multi-agent system for simulation of multi-actor spatial planning. *Journal Environmental Management*, 72(1-2): 43-55.
- Liu H L. 2005. From sprawl toward smart growth: Remarks on urban growth boundary concept of USA and its significance. *Urban Problems*, (3): 67-72. [刘海龙. 2005. 从无序蔓延到精明增长: 美国“城市增长边界”概念述评. *城市问题*, (3): 67-72.]
- Liu J G, Daily G C, Ehrlich P R, et al. 2003. Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity. *Nature*, 421: 530-533.
- Liu J Y, Wang X S, Zhuang D F, et al. 2003. Application of convex hull in identifying the types of urban land expansion. *Acta Geographica Sinica*, 58(6): 885-892. [刘纪远, 王新生, 庄大方, 等. 2003. 凸壳原理用于城市用地空间扩展类型识别. *地理学报*, 58(6): 885-892.]
- Liu S H. 2002. Spatial patterns and dynamic mechanisms of urban land use growth. *Progress in Geography*, 21(1):

- 43-50. [刘盛和. 2002. 城市土地利用扩展的空间模式与动力机制. 地理科学进展, 21(1): 43-50.]
- Liu S H, He S J. 2002. A spatial analysis model for measuring the rate of land use change. *Journal of Natural Resources*, 17(5): 533-540. [刘盛和, 何书金. 2002. 土地利用动态变化的空间分析测算模型. 自然资源学报, 17(5): 533-540.]
- Loibl W, Toetzer T. 2003. Modeling growth and densification processes in suburban regions: Simulation of landscape transition with spatial agents. *Environmental Modelling & Software*, 18(6): 553-563.
- Long Y, Han H Y, Mao Q Z. 2009. Establishing urban growth boundaries using constrained CA. *Acta Geographica Sinica*, 64(8): 1000-1008. [龙瀛, 韩昊英, 毛其智. 2009. 利用约束性CA制定城市增长边界. 地理学报, 64(8): 1000-1008.]
- Long Y, Mao Q Z, Shen Z J, et al. 2008. Comprehensive constrained CA urban model: Institutional constraints and urban growth simulation. *Urban Planning Forum*, (6): 83-91. [龙瀛, 毛其智, 沈振江, 等. 2008. 综合约束CA城市模型: 规划控制约束及城市增长模拟. 城市规划学刊, (6): 83-91.]
- Long Y, Mao Q Z, Dang A R. 2009. Beijing urban development model: Urban growth analysis and simulation. *Tsinghua Science and Technology*, 14(6): 787-794.
- Lu Q, Zhan J Y, Ren G Z. 2001. A primary study on urbanization, land use/cover change and the related social-human factors in Beijing in the past 100 years. *Geographical Research*, 20(6): 688-696. [鲁奇, 战金艳, 任国柱. 2001. 北京近百年城市用地变化与相关社会人文因素简论. 地理研究, 20(6): 688-696.]
- Lynch K. 1981. *Good city form*. Cambridge, MA: MIT Press.
- McNeill J. 1994. *Toward a typology and regionalization of land-cover and land-use change: Report of working group B*//Turner B L, Meyer W. *Changes in land use and land cover: A global perspective*. New York: Cambridge University Press: 55-71.
- Mei Z X. 2009. A study of real estate evolvement and urban space expansion in Dongguan City. *Journal of South China Normal University: Natural Science Edition*, 41(4): 111-115. [梅志雄. 2009. 东莞市房地产发展与城市空间扩展研究. 华南师范大学学报: 自然科学版, 41(4): 111-115.]
- Millward H. 2006. Urban containment strategies: A case-study appraisal of plans and policies in Japanese, British, and Canadian cities. *Land Use Policy*, 23(4): 473-485.
- Muller P O. 2004. Transportation and urban form: Stages in the spatial evolution of American metropolis//Hanson S, Giuliano G. *The geography of urban transportation*. New York: The Guildford Press: 59-85.
- Qin X H, Duan X J, Li H, et al. 2009. Urban land expansion simulation model based on SD and CA: A case study of Nantong city. *Scientia Geographica Sinica*, 29(3): 439-444. [秦贤宏, 段学军, 李慧, 等. 2009. 基于SD和CA的城镇土地扩展模拟模型: 以江苏省南通地区为例. 地理科学, 29(3): 439-444.]
- Scott A. 1998. *Metropolis: From the division of labor to urban form*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Shi P J, Chen J, Pan Y Z. 2000. Land use change mechanism in Shenzhen City. *Acta Geographica Sinica*, 55(2): 151-160. [史培军, 陈晋, 潘耀忠. 2000. 深圳市土地利用变化机制分析. 地理学报, 55(2): 151-160.]
- Song Z Q, Wang Y L. 2004. Progress in research on ecological impact of urban landscape structure. *Progress in Geography*, 23(2): 97-106. [宋治清, 王仰麟. 2004. 城市景观及其格局的生态效应研究进展. 地理科学进展, 23(2): 97-106.]
- Stern P C, Young O R, Druckman D. 1992. *Global environmental change: Understanding the human dimensions*. Washington, DC: National Academy Press.
- Stone P A. 1973. *The structure size and costs of urban settlements*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Tobler W. 1979. *Cellular geography*//Gale S, Olsson G. *Philosophy in geography*. Dordrecht, Netherlands: Reidel: 379-386.
- Wang H W. 2004. The research of urban morphology models in china urban growing. *Urban Studies*, 11(1): 28-31. [王宏伟. 2004. 中国城市增长的空间组织模式研究. 城市发展研究, 11(1): 28-31.]
- Wang X S, Liu J Y, Zhuang D F, et al. 2005. Spatial-temporal changes of urban spatial morphology in China. *Acta Geographica Sinica*, 60(3): 392-400. [王新生, 刘纪远, 庄大方, 等. 2005. 中国特大城市空间形态变化的时空特征. 地理学报, 60(3): 392-400.]
- White R, Engelen G. 1993. Cellular automata and fractal urban form: A cellular modeling approach to the evolution of urban land-use patterns. *Environment and Planning A*, 25(8): 1175-1199.
- Wilson H E, Hurd J D, Civco D L, et al. 2003. Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth. *Remote Sensing of Environment*, 86(3): 275-285.
- Wu J. 1990. *China's urban form: Structure, characteristics and evolution*. Nanjing, China: Jiangsu Science Press. [武进. 1990. 中国城市形态: 结构、特征及其演变. 南京: 江苏科技出版社.]
- Xiao H, Li Z P. 2010. Remote sensing analyses of the urban morphology of Beijing based on fractal theory. *Science & Technology Review*, 28(16): 57-62. [肖汉, 李志鹏. 2010. 基于分形理论的北京城市形态结构遥感分

- 析. 科技导报, 28(16): 57-62.]
- Xiu C L, Zhu X L. 2005. The spatial expansion multi-force of local central cities: Based on the investigation and analysis of Huludao. *Human Geography*, 20(2): 9-12. [修春亮, 祝翔凌. 2005. 地方性中心城市空间扩张的多元动力: 基于葫芦岛市的调查和分析. *人文地理*, 20(2): 9-12.]
- Xu Y, Lv B. 2008. Application of land transformation model based on GIS and ANN: A case study of Beijing. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 44(2): 262-270. [徐颖, 吕斌. 2008. 基于GIS与ANN的土地转化模型在城市空间扩展研究中的应用: 以北京市为例. *北京大学学报: 自然科学版*, 44(2): 262-270.]
- Xue L, Yang K Z. 2002. Sciences of complexity and studies of evolutionary simulation of regional spatial structure. *Geographical Research*, 21(1): 79-88. [薛领, 杨开忠. 2002. 复杂性科学与区域空间演化模拟研究. *地理研究*, 21(1): 79-88.]
- Xue L, Yang K Z. 2003. Research on urban evolution using agent-based simulation. *Systems Engineering-Theory & Practice*, (12): 1-9. [薛领, 杨开忠. 2003. 城市演化的多主体(multi-agent)模型研究. *系统工程理论与实践*, (12): 1-9.]
- Yang D H. 2001. Establishing restraint mechanism on city environment. *Planners*, 17(4): 82-86. [杨冬辉. 2001. 城市空间扩展与城市环境约束机制的建立. *规划师*, 17(4): 82-86.]
- Yang J J, Zhou W, Qian Y. 2010. Discussion on the character and defined methods of urban growth boundary: A case study of the protection and control planning of ecological zone in Hangzhou. *Huazhong Architecture*, (1): 122-125. [杨建军, 周文, 钱颖. 2010. 城市增长边界的性质及划定方法探讨: 杭州市生态带保护与控制规划实践. *华中建筑*, (1): 122-125.]
- Yang J, Zhou J X. 2007. The failure and success of greenbelt program in Beijing. *Urban Forestry & Urban Greening*, 6(4): 287-296.
- Yang R N, Zhang X L. 1997. A Study on the impetus mechanism and models of urban spatial expansion. *Areal Research and Development*, 16(2): 1-4. [杨荣南, 张雪莲. 1997. 城市空间扩展的动力机制与模式研究. *地域研究与开发*, 16(2): 1-4.]
- Yang S, Zhou L, Chen S, et al. 2010. Constraint mechanism of excessive urban spatial expansion in the context of large-scale urban construction investment: A case study of Wuxi. *Progress in Geography*, 29(10): 1193-1200. [杨山, 周蕾, 陈升, 等. 2010. 大规模投资建设背景下城市过度扩张的约束机制: 以无锡市为例. *地理科学进展*, 29(10): 1193-1200.]
- Yao S M, Shuai J P. 1995. Urban land and urban growth. He-fei, China: Press of University of Science and Technology of China. [姚士谋, 帅江平. 1995. 城市用地与城市生长. 合肥: 中国科学技术大学出版社.]
- Yu T, Ke C Q. 2010. The simulation of the land use change of Nanjing based on CLUE-S model. *Science of Surveying and Mapping*, 35(1): 186-188, 164. [余婷, 柯长青. 2010. 基于CLUE-S模型的南京市土地利用变化模拟. *测绘科学*, 35(1): 186-188, 164.]
- Yu Y. 2009. Research on the complex circle of urban space form demension[D]. Harbin, China: Harbin Institute of Technology. [于英. 2009. 城市空间形态维度的复杂循环研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学.]
- Yue S P, Zhang S W, Yan Y C. 2007. Impacts of land use change on ecosystem services value in the Northeast China Transect(NECT). *Acta Geographica Sinica*, 62(8): 879-886. [岳书平, 张树文, 闫业超. 2007. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响. *地理学报*, 62(8): 879-886.]
- Zeng H, Jiang Z Y. 2000. Landscape structure of Longhua area in Shenzhen City during fast urbanization process: Structure and heterogeneity analysis of urban construction area. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 10(4): 567-572. [曾辉, 江子瀛. 2000. 深圳市龙华地区快速城市化过程中的景观结构研究: 城市建设用地的结构及异质性分析. *应用生态学报*, 10(4): 567-572.]
- Zhang B, Xie X, Liu J T. 2008. Application of new economic geography method in urban growth management. *Planning Review*, 32(10): 9-14. [张波, 谢燮, 刘江涛. 2008. 新经济地理学方法在城市成长管理中的应用. *城市规划*, 32(10): 9-14.]
- Zhang H H, Zeng Y N, Jin X B, et al. 2008. Urban land expansion model based on multi-agent system and application. *Acta Geographica Sinica*, 63(8): 869-881. [张鸿辉, 曾永年, 金晓斌, 等. 2008. 多智能体城市土地扩张模型及其应用. *地理学报*, 63(8): 869-881.]
- Zhang H, Luo Y Y, Zhang L T. 2010. A nonlinear polynomial model for urban expansion incorporating genetic algorithm and support vector machines. *Acta Geographica Sinica*, 65(6): 656-664. [张豪, 罗亦泳, 张立亭. 2010. 基于遗传支持向量机的城市扩张非线性组合模型. *地理学报*, 65(6): 656-664.]
- Zhang J X, Hong S J. 2008. Institutional effects on city spatial planning and structural evolution. *Planners*, 24(12): 40-43. [张京祥, 洪世键. 2008. 城市空间扩张及结构演化的制度因素分析. *规划师*, 24(12): 40-43.]
- Zhang N, Fang L N, Zhou J, et al. 2010. The study on spatial expansion and its driving forces in the urban fringe of Beijing. *Geographical Research*, 29(3): 471-480. [张宁, 方琳娜, 周杰, 等. 2010. 北京城市边缘区空间扩展特征及驱动机制. *地理研究*, 29(3): 471-480.]

- Zhang T W. 2001. The urban restructuring of Chinese cities in 1990s and its dynamic mechanism. *City Planning Review*, 25(7): 7-14. [张庭伟. 2001. 1990年代中国城市空间结构的变化及其动力机制. *城市规划*, 25(7): 7-14.]
- Zhang Y, Li J, Chen Y H. 2007. Simulation of Beijing urbanization using SLEUTH. *Remote Sensing Information*, (2): 50-54. [张岩, 李京, 陈云浩. 2007. 利用SLEUTH模型进行北京城市扩展模拟研究. *遥感信息*, (2): 50-54.]
- Zhou C H, Sun Z L, Xie Y C. 1999. *Research on geographical cellular automata*. Beijing, China: Science Press. [周成虎, 孙战利, 谢一春. 1999. *地理元胞自动机研究*. 北京: 科学出版社.]
- Zhu X G. 2000. On the organic concentration order of urban space. *Urban Planning Forum*, (3): 47-51. [朱喜钢. 2000. 城市空间有机集中规律探索. *城市规划汇刊*, (3): 47-51.]
- Zhu X J. 1987. The activity of urban structure. *Urban Planning Forum*, (5): 7-13. [朱锡金. 1987. 城市结构的活性. *城市规划汇刊*, (5): 7-13.]
- Zhuo L, Li Q, Shi P J, et al. 2006. Identification and characteristics analysis of urban land expansion types in China in the 1990s using DMSP/OLS data. *Acta Geographica Sinica*, 61(2): 169-178. [卓莉, 李强, 史培军, 等. 2006. 基于夜间灯光数据的中国城市用地扩展类型. *地理学报*, 61(2): 169-178.]
- Zong Y G. 1999. The corridor effects in urban ecological landscape planning: A case study on Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 19(2): 145-150. [宗跃光. 1999. 城市景观生态规划中的廊道效应研究: 以北京市区为例. *生态学报*, 19(2): 145-150.]

## Review on the research of urban spatial expansion

YAN Mei<sup>1,2,3</sup>, HUANG Jinchuan<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS, Beijing 100101, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Urban spatial expansion is the most important manifestation of urbanization process, and urban land use change is the most direct indicator of urban spatial extension, namely, "spatial urbanization". Along with global urbanization, urban spatial expansion has become a hot field in the research of urban development. Foreign research on urban spatial expansion started to unfold when Quantitative Geography Revolution took place in the 1960s, whereas in China it had a relatively late start in the 1980s. Now China is undergoing rapid urbanization, problems and conflicts in urban space expansion are becoming increasingly prominent. Since 2000, a large number of achievements have been made in this field, and need to be sorted out. Based on the progress of theoretical studies and the change of the content of urban spatial expansion research, this article uses the methods of literature search and comparative analysis to review the research progress. The urban spatial expansion researches are reviewed from five aspects, including expansion types, expansion patterns, dynamic mechanism, simulation and prediction, effects and regulations. Through discussing the different research contents, research methods and research conclusions, and combining classification and comprehensive review of foreign and domestic researches, this review discusses the characteristics and inadequacy of the current research, and suggests future research directions. The trend of urban spatial expansion research in China are summarized in four aspects as follows: (1) future research will become more and more focused on urban spatial simulation and prediction; (2) the research on spatial expansion pattern at the regional scale and in the less developed central and west areas will be strengthened; (3) by taking research experience and methods from other disciplines for reference, we should strengthen the fusion of multidisciplinary methods to be better able to solve the problem of urban spatial expansion; (4) based on the status and environment of urban development research in China, the theory and method of the research need to be innovated, in order to narrow the gap between domestic and international research levels. This review provides a reference for further studies of urban spatial expansion as well as the guidance for a healthy, sound and coordinated development of urban space.

**Key words:** urban; spatial expansion; research review; prospect