

城市增长边界研究进展 ——理论模型、划定方法与实效评价

谭荣辉¹, 刘耀林², 刘艳芳², 何青松³

(1. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079;
3. 华中科技大学公共管理学院, 武汉 430074)

摘要:新型城镇化背景下,传统粗放的城镇土地利用模式难以为继,控制城市规模、优化空间格局已成为当前国土资源管理的重点工作之一。城市增长边界(UGB)作为一种西方国家控制城市蔓延的技术手段和政策工具已逐渐被引入国内。采用文献资料法和归纳演绎法,梳理并分析了国内外城市增长边界的理论模型、划定方法与实效评价,挖掘未来城市增长驱动力和增长边界制定方法可能的研究方向,为后续研究和未来其在中国的实践提供参考。结果表明:①城市增长边界实证研究的理论基础主要源于古典单中心城市模型,由于国情不同,国内主要关注经济水平、产业结构和可达性对城市增长的影响,而国外在此基础上还关注公共政策和服务、外部性以及主体间的博弈对城市蔓延的促进或抑制作用;②城市增长刚性边界划定主要以土地适宜性和承载力评价为基础,弹性边界可采用元胞自动机进行空间辅助模拟;③国外城市增长边界的实施效果具有地区差异性,国内目前还缺乏城市增长边界实施效果评价相关方面的研究。因此,城市增长驱动力后续研究应吸纳多源理论,识别不同尺度下其机理特征,探索宏观环境的情景变量对微观环境下“驱动力—城市增长”这一关系的影响。城市增长弹性边界制定需要考虑城乡土地利用转换背后不同情景下主体间的复杂博弈对用地转换在空间上分布的决定作用。为了保证政策的持续性和统筹区域发展,未来需要明确城市增长边界的管理机构,制定对应的法律条款和管理体系。

关键词:土地利用;城市扩张;城市蔓延;城市增长边界;综述

当前我国高速城镇化态势仍未得到控制,城镇化速度与质量之间不协调,土地城镇化速度远远大于人口城镇化速度^[1]。城镇化速度过快引起的一系列资源环境问题日益凸显。在新型城镇化背景下,传统的粗放土地利用模式将难以为继。因此,在新时期,如何保证社会经济发展对城市土地需求的同时明晰城市增长的形成机理,以合理控制城市规模、划定城市增长边界、优化城市用地空间格局已成为当前城市管理的工作重点。城市增长边界(urban growth boundary, UGB)是世界各国作为控制城市蔓延、实现城市精明增长的一种空间管理工具。近年来,设定城市增长边界以合理利用城市用地空间、提高城市用地效率、保护生态环境的城市发展政策引起了诸多学者的共鸣。事实上,2006年以

来,划定城市增长边界已多次出现在中国城镇化相关政策法规中。特别是在2017年国务院印发的《全国国土规划纲要(2016—2030年)》和《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》中,明确指出设置“生存线”“生态线”“生态保护红线”和“保障线”。“生态线”“生存线”和“生态保护红线”即为城市增长的刚性边界,“保障线”即为城市增长的弹性边界。在实践上,住房与城乡建设部和国土资源部在2014年7月就已确定了北京、上海、南京等14个城市开展城市开发边界划定工作。西方发达国家的城市规划实践证明,城市增长边界与城市蔓延相伴相生,其功能不仅是防止城市无序蔓延,更重要的是为城市未来的潜在发展提供合理的疏导^[2]。然而,现有国内UGB实践多将其理解成控制城市发展的约束性

收稿日期:2019-02-15;修订日期:2019-04-21。

基金项目:国家自然科学基金项目(71704129, 41771432)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 71704129 and 41771432.]

第一作者简介:谭荣辉(1986—),男,湖北巴东人,讲师,研究方向为土地利用变化监测与模拟。E-mail: rhtanwhu@163.com

引用格式:谭荣辉,刘耀林,刘艳芳,等.城市增长边界研究进展:理论模型、划定方法与实效评价[J].地理科学进展,2020,39(2):327-338.
[Tan Ronghui, Liu Yaolin, Liu Yanfang, et al. A literature review of urban growth boundary: Theory, modeling, and effectiveness evaluation. Progress in Geography, 2020, 39(2): 327-338.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2020.02.013

城乡分界线,忽略了UGB的多目标及协调发展特性。在当前中国城市空间增长从追求规模控制的量变转向以空间格局优化为主的质变过程中,明晰城市边界形成机理,探索城市增长边界划定方法具有重要的理论与实践意义。本文旨在回顾城市增长的理论模型,梳理国内外已有的城市增长边界划定方法,分析国内外现有城市增长边界的实施效果,据此提出未来可能的研究方向,为后续城市增长边界划定方法研究和政策实施提供依据与参考。

1 城市增长理论模型

明确城市空间增长驱动机理是城市增长弹性边界模拟的先决条件。20世纪80年代以前,国外学者对城市增长的原因分析主要依据自己的经验判断。Harvey等^[3]在“The nature and economics of urban sprawl”一文中指出垄断竞争对手的独立决策行为、土地市场的投机行为、自然地形条件、公共管制、交通环境、公共政策及税收都是促进城市蔓延的重要因素。对城市增长边界形成机理的研究主要来源于区位选择理论、公共服务选择理论和城市土地利用规制假说理论。

1.1 区位选择理论:单中心城市模型

最早全面、系统地阐述城市蔓延内在驱动机制的是著名区域科学家威廉·阿隆索(William Alonso)。阿隆索将冯·杜能(von Thuen)关于孤立国农业区位理论引入到城市土地利用的分析之中,形成了经典的单中心城市模型(monocentric city model)^[4]。单中心模型阐述了城市空间不断蔓延的内在机制。在单中心城市模型中,所有城市都被理想化为仅有一个城市商务中心的均质面;城市空间结构的形成是城市土地价值与居民通勤费用在空间距离上的均衡^[5-6]。因城市仅有一个商务与就业中心,城市商务中心附近的城市空间有限,在居民数量和居民收入一定的情况下,因城市通勤费用与通勤距离成正比,为了就业的方便,多数居民更愿意居住在中心附近,造成了城市中心附近土地需求大于供给的状况,城市商务中心附近的土地价值因此更加昂贵,越远离城市商务中心,土地面积越广阔,土地价值越低。当城市边缘区的土地价值远低于从该区位到达城市中心的通勤费用时,低收入居民为了节省住房租金和享受更广的居住空间而选择居住在城市郊区,造成了城市蔓延。因此,根据单中心城市

理论,城市是否蔓延主要由人口数量、居民收入、某一区位的城市中心可达性和农用地价值来决定。从微观经济学的角度来讲,当城市用地的边际收益总是大于农业用地时,城乡之间的用地转换不可避免。从宏观经济学的视角来看,只要有对城市用地的刚性需求,城市就有不断向外拓展的可能。而经济总量的增长、人民生活水平的不断提高、交通条件的改善及城市公共设施和基础设施的不断完善等又催生了社会对城市用地的需求。

在单中心城市模型的基础上,国内外已有大量的文献对城市空间增长的驱动机理进行了实证研究。从宏观经济学的角度,部分研究认为经济增长是城市空间不断外扩的原动力。在实证研究中,经济的增长通常以国内生产总值(GDP)的增长来衡量。Seto等^[7-8]采用荟萃分析法对全球326个城市扩张的驱动力进行了分析,结果表明在中国几乎一半以上的城市增长与人均GDP直接相关,但是在印度和非洲人均GDP对城市增长的影响力就没有在中国这么大。Deng等^[9]认为相比于GDP的增长,人口增长、农用地价值下降和可达性的增加对城市用地增长的推动作用要微弱得多。除GDP之外,外商直接投资(FDI)对城市用地面积增长有直接的推动作用^[10]。地方政府为了推动地区发展,常在城市郊区土地价值较低的区域建设高科技园区以吸引外商投资^[11-12]。工业园区和高新技术区的建设在中国城市郊区与边缘区造成了大量的城乡土地利用转换。Seto等^[7]还利用面板数据和经济模型对中国长江三角洲地区城市增长的社会经济驱动因素进行了估计,结果表明外商直接投资特别是对工业发展的大规模投资是该地区城市增长的主因。此外,财政压力对规模较小城市的扩张具有推动作用^[13]。在北美,城市增长与收入的增加、技术的进步及交通便捷度的改善相关^[14]。收入的增加使得人们有更多的资金用于出行和改善居住环境。汽车拥有量和高速公路里程的增加促进了人们与外界的联系,迫使城市边界不断外移,同时使得居住密度呈梯度递减。在中国,私人交通亦显著地推动了城市蔓延,但公共交通对城市蔓延却有抑制作用^[15]。Oueslati等^[16]验证了单中心城市模型对欧洲城市的适用性,虽然经济、人口增长、交通可达性的改善和农地价值的下降能解释大部分城市用地面积的增长,但不能很好地解释城市用地破碎化程度的增加。此外,他们还考察了年降雨量、最热月份的平均温度、地

形条件和犯罪率对城市蔓延的影响。Weilenmann等^[17]测度了1980—2010年瑞士的城市蔓延,并采用单中心城市理论分析了其蔓延的原因,认为可达性的改善是瑞士城市蔓延的主要原因。

人口的增长及离心化使得社会生产活动向外扩散,从而导致城市不断蔓延。Brueckner等^[18]利用单中心城市模型对引起城市蔓延的变量进行了实证研究,结果表明人口、收入及农用地的租金与城市蔓延紧密相关。但也有学者认为,居民收入水平的提高不一定会驱动城市用地的需求,特别是当土地需求收入弹性高于通勤成本收入弹性时;而且多数学者都认为居民对住房需求的收入弹性一般高于通勤成本的收入弹性,因此,居民的收入水平高低只是在一定程度上决定了城市密度的大小^[19]。Habibi等^[20]在分析了美国、欧洲和亚洲等国家和地区的城市增长特点后,从经济、人口、居住、交通及市中心的一些问题等方面总结了城市增长的原因。他们认为城市蔓延是收入及人口增长、交通条件的改善、土地使用者的多样化及土地使用权激烈竞争的结果。除此之外,高税收、犯罪率的增加、基础设施的陈旧、单位居住面积的减小和市区开敞空间的缺乏等加快了城市蔓延的步伐。尽管影响城市蔓延的因素众多,但归根结底,人口及居民收入的增加、低廉的土地价格、便捷的交通条件是促进城市蔓延最重要、最直接的因素。

不同于西方发达国家,中国具有明显的城乡二元结构。在中国,城乡流动人口的增加是城市用地增长的主要原因之一。20世纪80年代以前,由于户籍制度的限制,农村人口无法向城市流动。90年代以后,随着户籍制度的松绑,大量的乡村人口向城市转移,造成了对城市住宅和城市基础设施需求的剧增,导致了城市用地的空间扩张^[21-22]。此外,经济的发展、居民收入的增加、产业结构调整、土地利用政策、制度的转变、房价上涨以及科技能力的不断提升是影响中国农地非农化的人文社会因素^[23-29]。值得注意的是,经济和人口对城市用地增长的推动作用具有地区差异,在一部分城市,人口的增长对城市用地扩张的影响更为重要,而在另一些城市,经济的增长对城市用地扩张的影响更为明显^[22]。甚至不同的经济指标,不同的人口指标在同一城市内对城市扩张显示出不同的影响^[30]。

1.2 公共服务选择理论:蒂伯特模型

除了单中心城市模型外,蒂伯特模型(Tiebout

model)认为居民的住宅选择行为并非仅依赖于居民收入、交通费用和土地价格,还依赖于众多其他因素。蒂伯特(C. M. Tiebout)^[31]在“A pure theory of local expenditures”中指出,人口可以自由流动,且其周围存在大量的可供选择的社区,这些社区能提供不同的公共物品和税收,由于不同居民对公共物品或服务有不同的偏好,因此居民根据自身的偏好选择公共物品和税收组合最好的社区,居民在空间上的分布既是居民对公共物品或服务选择的一种均衡,又反映了居民对公共物品或服务的一种偏好。在这一理论下,社区需要根据居民对公共物品和服务的偏好有效地提供居民需要的公共物品和服务,否则居民将会搬迁到那些能给他们提供更好公共物品和服务或更有效提供公共物品和服务的社区之中。蒂伯特将社区公共服务的供给类比为私人物品在市场上的竞争。居民在空间上的流动显示了其对公共物品和服务的偏好。因此,居民选择社区不仅考虑住宅租金、通勤费用和可达性,诸如学校的好坏、治安水平的高低等地方公共产品和服务指标也是其考虑的重要因素。公共物品和服务的供给水平对城市蔓延的促进作用主要体现在两方面:一是城市郊区地带公共服务和物品吸引了城市人口从城市中心向郊区迁移;二是城市内部无效率的公共物品和服务的供给(如较差的治安水平和严重的交通拥堵)促使人口从城市中心向外围逃离^[32]。

蒂伯特模型阐述了欧美发达国家高收入阶层为了排除与他们偏好和利益不一致的居民或者为了避免部分公共服务或物品带来的负外部性(如高犯罪率和低质量学校)而在城郊聚集的这一现象。然而现有文献多关注种族隔离和城市中心区人口密度衰减的关系,而较少关注公众对公共物品和服务的偏好是否是城市蔓延的重要影响因素^[32]。由于中国国情与西方发达国家不同,相比于欧美发达国家存在的种族隔离和城市内部高犯罪率现象,中国不同城市的居民享受的公共服务差异性可能更多由城市基础设施水平不同导致。因此,国内较少有文献从公共服务水平出发探究城市增长的内在机制。

1.3 城市土地利用规制:土地开发主体间的博弈影响

除了利用经济学的理论和模型来探讨城市增长的驱动机制以外,许多西方学者也尝试在土地利用制度领域内来研究城市土地利用问题,这些研究逐渐汇集成“城市土地利用规制”这一新领域。规

制是政策制定者、企业集体和消费者群体之间博弈的结果^[33]。对在不同土地利用政策下农民村集体、各级政府与企业开发商之间的博弈结果以及这种结果对土地利用政策的反馈是西方城市土地利用规制学者的研究对象。Fischel^[34]在对北美的土地利用分区制进行研究后认为土地利用政策的制定者在整个规制过程中起主导作用,为此,他还提出了住房所有者投票人假说(homevoter hypothesis)^[35],即住房所有者与土地利用政策制定者在政策制定的过程中不断地博弈以获取自身最大的利益,而城市增长只是这种博弈结果的表现形式。Brueckner^[36]认为农民村集体、政府及开发商在土地市场中对各自利益的追求触发了城市蔓延。低级别的政府为了推动城市化、工业化的进程迫切希望在乡镇周边实施更多的开发项目,开发商为了获取巨额利润也希望开发大量的土地,建立更多的房产来赚取其中的差价,农民村集体在高地价的吸引下自然也不会考虑土地开发对生态环境破坏带来的负面影响。在美国,尽管地方政府制定了一系列遏制城市蔓延的政策,如“增长管理”政策、“城市边界”控制及“分区发展”政策等,但其他公共政策诸如住房政策、税收和基础设施投资政策等却在一定程度上鼓励了城市用地发展。

在国内,城市开发主体间的博弈对城乡建设用地的转换并未得到重视。农地征用或征收是城乡建设用地转换的主要手段。农地征用是改革开放以来中国城镇化进程中土地问题的核心之一。随着城镇化进程的纵深发展,农地征用将进一步满足中国社会经济发展对土地的需求。《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020年)》指出,规划期内,中国将新增基础设施用地 274 万 hm^2 。一方面,农地征用降低了建设成本,对招商引资、盘活区域经济起到了积极作用;但另一方面,农地征用在一定程度上降低了土地利用效率。农地征用过程是一种典型的利益再分配过程,在空间上表现为农用地转换为建设用地,其实质是关乎中央政府、地方政府、开发商以及包括农村集体在内相关主体背后的利益博弈^[37]。由于现行土地制度的歧视性设计,中央政府和地方政府在城市土地利用过程中话语权较大,过度重视土地利用经济效益而忽略土地利用综合效率,以及征地补偿机制的不完善侵蚀了农民应得的利益,使得主体间的博弈加剧了城乡土地市场的分割,扭曲了土地市场,诱发了土地开发的盲目

性,导致土地滥用和浪费严重^[38]。新型城镇化的核心目标之一是致力于户籍与土地制度的创新^[39],在此背景下,农民的权益将得到更好的保护。对于政府而言,新型城镇化背景下,土地利用目标将是集经济、生态、环境以及资源于一体的综合利用目标。因此,新型城镇化和经济转型期,城市土地开发主体间的博弈将突破以往的零和博弈,这种博弈结果在空间上影响土地利用格局。

2 城市增长边界划定方法

设定城市增长边界是对城市空间无序蔓延的一种政策响应与技术措施,其思想萌芽最早可追溯到19世纪英国伦敦的绿带研究^[2]。早期的绿带研究主要以控制城市蔓延为主,随着人口的激增和工业的发展,其功能逐步以合理引导城市未来潜在发展为主。1958年,UGB第一次在美国莱克星顿市得到应用,随后逐步推广到其他城市,现已成为全球引导城市精明增长最为重要的技术手段之一(图1)。在中国,城市增长边界是为了引导土地合理开发与保护自然资源环境,由城市规划部门人为设定的一条城市建设用地与非建设用地的分界线。建设部2006年出台的《城市规划编制办法》首次提出了“城市增长边界”的概念,并明确规定在总体规划中要“研究中心城区空间增长边界,确定建设用地规模,划定建设用地范围;划定禁建区、限建区、适建区和已建区,并制定空间管制措施”。其中禁建区和限建区边界实质上是城市土地开发不可突破的刚性边界。刚性边界是城市建设用地不可逾越的生态底线,具有永久性,不能随着城市扩张而发生改变,其作用主要为限制城市无序蔓延。而适建区边界和建设用地范围线是一条可依据人口增长和城镇化水平而适当调整的弹性边界。弹性边界是从社会经济发展对用地需求的角度出发,制定的不同时期城市空间扩张的动态边界,具有时效性,表示未来一定时期内哪些地块可以合理开发,以此反映不同时期城市发展水平和规模。当前,城市增长边界主要通过资源环境适宜性评价、承载力评价和城市扩张模拟等手段来辅助制定。

2.1 以适宜性评价和承载力评价为基础的边界划定方法

国内外不同学者对UGB模拟划定方法进行了较为充分的研究。在对UGB的定性划定方法方

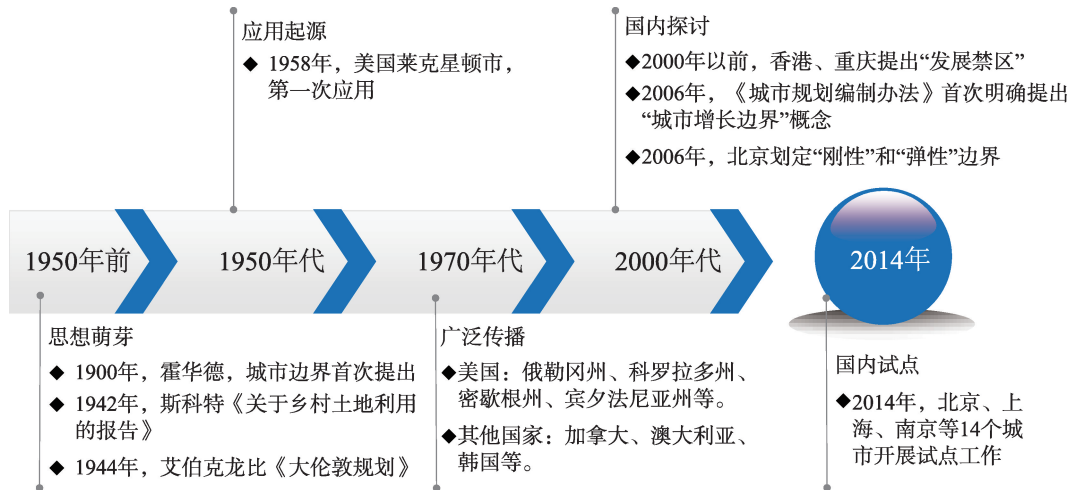


图1 城市增长边界理论及应用发展历程

Fig.1 The development of theories and applications of urban growth boundary

面,目前主要有弗雷定性和波特兰定性划定法^[40]。弗雷定性划定法主要是根据人口规模、配套设施与开发成本来预测未来城市用地面积以划定UGB。波特兰定性划定法则是先从多种增长模式中确定一种发展模式,然后结合土地利用现状、服务中心和主要街道的位置、环境敏感区和不适宜开发用地的位置等要素对城市增长边界进行细化。在定量划定方法方面,国内传统城市边界划定模式主要是基于城市人口和人均建设用地2个指标,在20 a规划期的基础上加上25%的上浮率以确定最终城市用地需求规模,结合定性分析、专家经验以及资源环境承载力评价确定未来城市用地空间分布,最终划定城市用地未来边界^[41]。新型城镇化背景下,随着产业升级与转型,工业集群化和现代服务业规模化协同升级以及产业国际化发展,未来城市用地比例中,工业用地比例将不断增加,人均建设用地面积指标在不同区域、不同城市间差异将更加明显,已有城市建设用地边界不准确性和缺乏发展弹性的缺陷日益凸显,跨边界开发行为时有发生^[42]。与此同时,城市空间格局将不断优化,中心城区功能组合与空间布局将更加合理,新区建设将由单一生产功能向城市综合功能转型,人口与服务经济将更加集聚。因此,传统的以人均建设用地面积指标确定城市增长边界的方法难以满足新型城镇化背景下城市用地空间管制需求。其次,增长法、排除法和综合法也常用于城市增长边界的划分之中^[40]。增长法是通过模型模拟城市增长并参照模拟结果划定城市增长边界。排除法是以保护生态用地为

原则,先将生态价值较大的土地排除在外,然后确定合适的UGB边界。如祝仲文等^[43]、王玉国等^[44]分别采用排除法排除生态敏感度较高的区域,然后分别对广西防城港市和深圳市的增长边界进行了初步划分。和艳等^[45]将各类法规中确定的生态保护区排除后,对昆明市城市增长边界进行了划定。综合法是在分析城市增长限制性因子的基础上,对城市增长规模进行预测,结合排除法构建城市增长弹性边界。例如,王振波等^[46]在生态、资源和环境承载力评价的基础上借鉴反规划理念,构建约束指标体系对合肥市城市空间增长边界进行了划定。王宗记^[47]在城市综合承载力评价的基础上,以城镇空间扩展模拟预测未来建设用地格局,结合自然和历史界限对常州市城市增长边界进行了划定。钟珊等^[48]运用空间适宜性和人口承载力评价,结合灰色预测模型对贵溪市的城市开发边界进行了划定。总体而言,以上方法多以适宜性和承载力评价为基础,注重建设用地的空间适宜性和生态用地的价值保护,但这些方法都无法将人口和经济的承载规模与未来空间上土地利用转换进行匹配,因此不能有效地预测未来城市用地增长量在空间上的分布,也就难以城市增长弹性边界制定提供参考。

2.2 以城市扩张模拟模型为基础的弹性边界划定方法

无论是增长法还是综合法,利用计算机建模模拟不同时间段内城市可能的扩张范围以辅助划定弹性增长边界都必不可少。基于自下而上原理的元胞自动机(CA)模型是模拟城市空间增长最基本、

最广泛的模型^[49]。借助于地理信息系统(GIS)和遥感技术(RS),CA模型能通过简单灵活的转换规则获取粗略的城市形态。CA模型主要特征在于它抽取真实的自然世界,采用离散的栅格,从简单的局部规则中呈现复杂的全局行为,并描绘出一个时间跨度内邻域影响下元胞的变化,从而模拟出城市区域空间形态变化。近年来,国内学者利用CA模拟辅助划定城市增长弹性边界取得了一系列丰硕成果。如龙瀛等^[50]利用约束性CA对北京市的城市增长边界分别进行了3个层次的划分:中心城、新城和乡镇UGB,模拟结果显示以自下而上模拟方式与北京市总体规划中制定的UGB差别较大。徐康等^[51]将CA与区域水文模型(SCS)相结合,通过CA模拟城市不透水面面积,以此为SCS的参数,从而评估城市淹水面积的比例及风险,确定城市增长边界。周锐等^[52]以平顶山为例,在构建城镇增长的生态安全格局阻力因子的基础上,结合城镇中心吸引力、道路吸引力和邻域开发强度因子,利用最小阻力模型对城镇建设用地增长进行了模拟预测,据此划定了城镇增长的刚性边界和弹性边界。然而,传统的自下而上CA模型在获取城市增长的宏观社会经济驱动力方面存在缺陷^[53],特别是人类的决策过程没有被纳入CA模型之中,不能反映土地利用变化背后的人地关系^[54]。

另一个在土地利用模拟方面受到广泛关注的方法是基于主体的模拟方法(ABM)^[55-56]。ABM的优点正好弥补了CA模型的缺点,具体表现在:①主体具有不同的属性和行为,能够反映真实世界的人类行为^[56];②主体能基于他们相互之间的关系或者他们与环境间的关系来改变他们的行为或作出决定^[55,57];③主体能在不同的尺度上构建,例如,他们可以是组织也可以是个人^[57]。在城市增长模拟中,主体代表了不同类型的决策者,例如居民、农民、政府、开发商等。与传统的城市用地扩张空间模型相比,“空间决策模型”的最大革新是将人的社会经济属性以及人的行为偏好以格网的属性抽象化,以此体现人类在城市土地利用转换过程中的重要地位。这些“城市增长空间决策模型”在近些年中已经成功用于许多西方国家的城市增长模拟之中^[58-59]。借鉴国外城市增长模拟的先进经验,国内的学者也对此展开了部分研究,取得了较为丰硕的成果^[60-63]。Zhang等^[64]将博弈论和多主体模型结合,基于3种规划情景采用非完全信息动态博弈模型确

定城市发展的总面积,对浙江省富阳区的建设用地扩张进行了模拟。该研究主要以主体间的博弈确定城市增长总量,而没有考虑到其博弈结果对城市空间增长格局的影响。

此外,部分学者还利用GIS与RS相结合,通过叠加分析、缓冲区分析、人工智能算法等获取城市增长的规模、速度、方向等指标,据此模拟城市增长边界。例如,Tayyebi等^[65]以伊朗德黑兰市为例,选取道路、绿地空间、坡度、方向、高程、服务站点和建设用地7个指标,利用神经网络与GIS相结合模拟了其城市增长边界。Tayyebi等^[66]还分别构建了基于距离和方位角规则以及非距离规则的UGB模拟模型,对伊朗德黑兰市的城市增长边界进行了模拟。在此基础上,He等^[67]结合城市扩张潜力对武汉市城市增长边界进行了模拟。Hu等^[68]利用Landsat遥感影像,采用土地利用信息熵和普通克吕格法对武汉市1987—2010年的城市增长边界进行了提取。付玲等^[69]根据城市中心点到边界的距离与方位角,采用BP神经网络模拟了北京市2020年城市增长边界。

3 城市增长边界的实效评价

UGB作为一项政策工具,对其实施效果的评估是极其困难的。这是因为通常而言一项政策的目标是不具体的,没有具体的指标且没有对应的标准就很难准确客观评估一项政策的实施效果。UGB建立的初衷主要为控制城市用地无序蔓延。在国外,已有研究采用已开发土地的扩张程度、住宅数量的改变以及住宅密度的变化来衡量UGB的实施效果^[70-73]。然而这些研究并未详细对比UGB建立后UGB内外城市用地增长详细情况。Gennaio等^[74]主张比较UGB内外建成区范围、建筑数量和建筑密度3个指标衡量UGB实施成效,据此他们对瑞士1970—2000年间城市增长边界内外的土地开发情况进行了对比分析,结果表明城市增长边界抑制了边界以内的城市土地扩张,并增加了边界内建筑密度。与上述研究相反,Jun^[75]对波特兰的研究则表明UGB并未限制城市蔓延。此外,UGB的设定对边界内外土地价值的影响也是研究热点之一。理论上,UGB建立后,边界内的城市用地供应量受到限制,土地价值将提升;边界外的土地用途受到严格限制,土地价值将降低。但Jun^[76]的另一项实证研

究表明美国波特兰市UGB的建立并未有效限制土地供应量,从而影响区域内的房价。

在国内,Han等^[77]采用边界遏制效率、土地存量 and 非法邻近开发量3个指标分析了北京市1983、1993和2005年城市建设边界内外的城市开发情况,结果表明城市建设边界对北京市城市增长的抑制作用较弱。龙瀛等^[78]提出采用总体规划、控制性详细规划、建设许可和开发结果四者之间的一致性和连贯性来评估城市增长边界的实施效果;同时他们还还对北京市2003—2010年城市增长边界内外总规和控规、总规与建设许可以及总规与开发结果的一致性进行了叠置分析,结果表明在772 km²的城市扩张之中,有近281 km²的扩张位于UGB以外,位于UGB以外的扩张大部分属于非法开发,UGB对实际城市空间外扩控制有限。除以上研究外,鲜有实证研究分析城市增长边界的实施效果。

4 研究述评与展望

4.1 城市增长机理有待进一步挖掘

在当前中国大规模城镇化背景下,实施城市增长管制政策是必然选择,因此借用来源于西方国家的UGB管理政策,控制并引导城市空间开发具有十分重要的意义。但UGB的理论与实践主要来源于美国,而中国城市发展与美国城市发展具有许多不同的特点。如美国城市扩张主要是一种低密度、外扩式的蔓延扩张,这种扩张方式不仅使得城市外部的自然生态资源遭到蚕食与破坏,而且迫使传统的市中心区人口离心化,使得中心区城市活力降低,同时使得政府提供城市基础设施的财政压力持续增加,因此美国的UGB理论主要是以提倡保护生态环境和促进城市中心区域集约发展为首要目的。而UGB在中国当前阶段的主要任务不仅要统筹线内线外土地供需平衡,保护自然水域和优质农田等生态资源,还要肩负引导城市空间合理开发的重任。因此,未来国内UGB研究更重要的是要在科学合理地预测不同时期人口经济发展对建设用地需求的前提下,结合适宜性和承载力评价模拟未来城市自然增长边界,为制定动态的弹性边界提供参考。

对建设用地需求进行预测无疑要先厘清建设用地增长的决定因素。国内研究已取得了诸多有价值的结论,识别了影响城市用地空间扩张的主要

驱动因子,并发现这些因素对城市用地空间扩张的推动作用具有地域差异性。这些研究为未来城市增长弹性边界模拟提供了借鉴,但当前研究仍存在进一步完善的空间。首先,驱动因子具有层间差异,即乡镇尺度、区县尺度和城市尺度上的增长具有不同的影响因子及影响机理。以往的研究忽略了样本的层间差异以及上一层制度环境因子对下一层微观地块增长的情景变量影响。其次,以往对城市增长边界形成机理的研究多聚焦于单个城市,对城市群、城镇密集区等大范围城市蔓延现象,以及在“城市—区县—村镇”不同层次下城市增长的机理还有待进一步挖掘。区域内城市间的相互作用对城市用地空间增长具有不可忽视的作用,但以往城市空间增长驱动力研究主要将研究对象置于孤立的环境中考虑,较少考虑区域内部城市间的联系对城市增长的影响。城市间的人流、物流、信息流对于大都市区城市的空间增长有着不可忽视的作用。因此,未来的研究可以关注以下研究方向:①在“城市—区县—村镇”不同层次下,研究城市土地开发主体间的博弈行为对城市增长边界的影响机理,并运用分层回归模型研究上层情景变量对下层微观地块增长的影响;②引入基于最短路径的引力模型测算区域内部城市间作用力,探讨城市外部作用力对城市蔓延的影响,为城市增长机制提供理论支撑。

4.2 城市增长边界模拟方法有待进一步改进

国内外学者对UGB划定方法进行了卓有成效的研究工作,这些研究主要以适宜性评价和承载力评价为主并据此确定城市增长刚性边界。在确定弹性边界时,部分研究主要以经验知识为主导,少量研究采用以CA为主的模拟方法模拟未来城市自然增长边界以为UGB制定提供参考,但现有研究还存在以下不足:①城市增长边界是一种动态的弹性边界,体现了城市增长与约束、需求与供给、动力与阻力三种平衡特性,仅以生态承载力评价为基础的划定方法虽然能达到保护生态价值较高土地的目的,但很难体现出不同时期UGB的3种平衡特性。②国内少有的以CA模拟为基础的UGB划定模型,虽然体现了UGB增长与约束、动力与阻力的特性,但受制于CA模型本身的缺陷,无法反映城市土地开发主体需求与供给这一特性。在当前中国农地征用模式下,这种用地转换背后政府、开发商与农民村集体间的博弈机制也在一定程度上制约

着城市土地利用的转换。城市土地利用变化是不同组群的主体之间共同作用的结果,主体之间的相互作用行为以及主体的决策选择行为都会对土地利用变化产生重要的影响,这些主体间的博弈结果决定了城市土地利用的转变,但以往对城市自然边界的定量模拟中较少考虑这一重要的决定机制。③ 在国外的土地利用变化模拟中,博弈工具经常用于定性分析土地开发中的博弈过程,缺乏定量的案例研究。在国内少有的分析主体博弈机制对城市增长影响的研究中,仅是以主体间的博弈确定城市增长总量,而没有考虑到不同信息、不同情景下主体群组在不同区域不同地块上的博弈结果存在不同,并以此影响城市空间增长格局。基于此,未来可以从以下几个方面进行深入探索:① 根据当前中国城市边缘区土地征收、征用和市场交易模式,深入分析地方政府、农村集体和开发商在城市土地开发过程中的利益诉求和行为选择,明确三者之间可能存在的土地交易模式,据此构建不同信息、不同情景下的博弈模型;② 研究在不同交易模式下,地方政府、农村集体和开发商在每个微观地块上可以获得的收益,求取三者之间在每个微观地块上的最终博弈结果;③ 构建CA模型模拟自然条件下城市用地空间扩张形态;④ 将上述博弈结果与CA模拟结果叠加模拟有主体博弈干预后的最终城市空间扩展形态,导出其完整外围边界,为UGB制定提供参考。此外,诸如基于CA、多智能体和人工神经网络等的城市空间扩张预测模拟技术已较为成熟^[79-80],未来可结合以上技术进行城市增长弹性边界划定工作。

4.3 城市增长边界实效评估研究有待展开

设定UGB的目标之一是为了控制城市无序蔓延,因此,对实施后的效果评价及其对周边地区社会经济和生态环境的影响也是学术界关注的课题。可能由于国内UGB划定实践案例较少,且实施时间较短,短时期内政策效果难以评估。目前国内仅有少量的研究关注城市增长边界制定以后,其对边界内外土地利用转换的控制效果,较少有研究关注UGB实施后对边界内外不动产价值、生态环境、边界内部土地利用格局变化、人口密度、交通拥堵情况和城市产业结构分布的影响。因此未来的研究方向可以围绕以下2点展开:① UGB的实效评价研究,即研究UGB实施后是否达到了预先设想的提升内部土地利用集约度、优化城市内部空间用

地结构,控制城市蔓延和保护边界外部自然生态环境的目的。这可借助于高分辨率遥感卫星影像对实践区实施UGB前后若干年的各地块进行逐一比对和监测UGB实施前后若干年的自然生态环境质量来展开。② 研究UGB实施后,边界内外土地价值在空间结构上的变化,并从计量经济学视角剥离出UGB对不动产价值的边际影响。

4.4 未来需要完善城市增长边界的管理机构和法律体系

UGB最终的目标应是既要满足城市发展需求,又要保证边界内外供需平衡,以实现区域统筹协调发展。然而,在当前中国地方政府主导公共资源配置的大环境下,各级地方政府以独立“经济人”角色从自身利益出发,进行产业结构布局 and 空间资源优化,而没有形成一种协同的区域治理机制,这就导致在区域尺度下以统筹城乡发展和边界内外平衡为目标来制定UGB变得十分困难。当前中国多数城市的产业空间结构模式依然遵循冯·杜能和伯吉斯的圈层结构理论。在内圈层分布着以金融业和服务业为代表的第三产业,在中圈层至城乡分界处形成工业聚集区,而农业主要分布在外圈层及其外。现实中,UGB很难与行政区边界完全重合,边界内外的行政主体不一致,这必然导致边界内外在土地资源供给、生态环境保护与治理及基础设施布局等方面难以协调、统一发展,使得UGB不能达到统筹区域协调发展的初始目的。因此,未来的研究可借鉴美国的UGB管理体系,在国土空间规划体系下建立专门的UGB规划与管理机构,赋予其法定的权力从区域层面开展UGB制定与管理,并在城乡规划法中制定相应的条款,使已付诸实施的UGB像城市规划一样享受法律的保护。此外,以往国内UGB的研究多关注边界内部城市建设用地的合理开发,而较少关注边界外部其他地区的发展。在区域层面,若UGB内仅囊括少数行政区,由于其限制界外开发的特性,UGB设定后限制了边界外部城市用地的供应量,使得建设用地配置仅落入少数行政区中,这同样有违统筹区域发展的初衷。因此,UGB的制定还应考虑区域内部行政区间的公平,使得UGB一定程度上能跨过落后地区,或者根据区域内部发展特点和自然资源禀赋状况,打破原有行政区界限,合并社会经济发展情况相似和地理区位邻近的行政区,然后再从区域层面制定UGB,以达到整合资源、统筹区域发展的目的。

参考文献(References)

- [1] 焦利民,董婷,谷岩岩. 2000—2012年中国地级以上城市空间弹性分析 [J]. 资源科学, 2016, 38(7): 1254-1265. [Jiao Liming, Dong Ting, Gu Yanyan. The spatial resilience of prefecture-level cities in China from 2000 to 2012. Resources Science, 2016, 38(7): 1254-1265.]
- [2] 刘海龙. 从无序蔓延到精明增长: 美国“城市增长边界”概念述评 [J]. 城市问题, 2005(3): 67-72. [Liu Hailong. From urban sprawl to smart growth: A review of the concept of urban growth boundary in USA. Urban Problems, 2005(3): 67-72.]
- [3] Harvey R O, Clark W A V. The nature and economics of urban sprawl [J]. Land Economics, 1965, 41(1): 1-9.
- [4] Alonso W. Location and land use. Toward a general theory of land rent [J]. Economic Geography, 1964, 42(3): 11-26.
- [5] Brueckner J K. The structure of urban equilibria: A unified treatment of the muth-mills model [M]// Mills E S. Handbook of regional & urban economics, volume II. Elsevier Science Publishers, 1987: 821-845.
- [6] Geshkov M V, Desalvo J S. The effect of land-use controls on the spatial size of U. S. urbanized areas [J]. Journal of Regional Science, 2012, 52(4): 648-675.
- [7] Seto K C, Kaufmann R K. Modeling the drivers of urban land use change in the Pearl River Delta, China: Integrating remote sensing with socioeconomic data [J]. Land Economics, 2003, 79(1): 106-121.
- [8] Seto K C, Fragkias M, Guneralp B, et al. A meta-analysis of global urban land expansion [J]. PLoS One, 2011, 6(8): e23777. doi: 10.1371/journal.pone.0023777.
- [9] Deng X Z, Huang J K, Rozelle S, et al. Growth, population and industrialization, and urban land expansion of China [J]. Journal of Urban Economics, 2008, 63(1): 96-115.
- [10] Chen J L, Gao J L, Chen W. Urban land expansion and the transitional mechanisms in Nanjing, China [J]. Habitat International, 2016, 53(53): 274-283.
- [11] Lin G C S. Reproducing spaces of Chinese urbanization: New city-based and land-centred urban transformation [J]. Urban Studies, 2007, 44(9): 1827-1855.
- [12] Han S S. Urban expansion in contemporary China: What can we learn from a small town? [J]. Land Use Policy, 2010, 27(3): 780-787.
- [13] 王家庭,蔡思远. 人口规模和财政压力对城市蔓延的影响: 以中国69个大中城市为例 [J]. 城市问题, 2018(3): 4-10. [Wang Jiating, Cai Siyuan. The effect of population and financial pressure on urban sprawl: Case of 69 cities in China. Urban Problems, 2018(3): 4-10.]
- [14] Ewing R H. Characteristics, causes, and effects of sprawl: A literature review [M]. Boston, USA: Springer, 2008.
- [15] 王家庭,臧家新,卢星辰,等. 城市私人交通和公共交通对城市蔓延的不同影响: 基于我国65个大中城市面板数据的实证检验 [J]. 经济地理, 2018, 38(2): 74-81. [Wang Jiating, Zang Jiabin, Lu Xingchen, et al. Different effects of urban private transport and public transit on urban sprawl: An empirical test based on the panel data of 65 large and medium-sized cities in China. Economic Geography, 2018, 38(2): 74-81.]
- [16] Oueslati W, Alvanides S, Garrod G. Determinants of urban sprawl in European cities [J]. Urban Studies, 2015, 52(9): 1594-1614.
- [17] Weilenmann B, Seidl I, Schulz T. The socio-economic determinants of urban sprawl between 1980 and 2010 in Switzerland [J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 157: 468-482.
- [18] Brueckner J K, Fansler D A. The economics of urban sprawl: Theory and evidence on the spatial sizes of cities [J]. The Review of Economics and Statistics, 1983, 65(3): 479-482.
- [19] Wheaton W C. A comparative static analysis of urban spatial structure [J]. Journal of Economic Theory, 1974, 9(2): 223-237.
- [20] Habibi S, Asadi N. Causes, results and methods of controlling urban sprawl [J]. Procedia Engineering, 2011, 21: 133-141.
- [21] Wu K Y, Zhang H. Land use dynamics, built-up land expansion patterns, and driving forces analysis of the fast-growing Hangzhou metropolitan area, eastern China (1978-2008) [J]. Applied Geography, 2012, 34: 137-145.
- [22] Zhang Q W, Su S L. Determinants of urban expansion and their relative importance: A comparative analysis of 30 major metropolitans in China [J]. Habitat International, 2016, 58: 89-107.
- [23] 鲁奇,战金艳,任国柱. 北京近百年城市用地变化与相关社会人文因素简论 [J]. 地理研究, 2001, 20(6): 688-696. [Lu Qi, Zhan Jinyan, Ren Guozhu. A primary study on urbanization, land use/cover change and the related social-human factors in Beijing in the past 100 years. Geographical Research, 2001, 20(6): 688-696.]
- [24] 谈明洪,李秀彬,吕昌河. 我国城市用地扩张的驱动力分析 [J]. 经济地理, 2003, 23(5): 635-639. [Tan Minghong, Li Xiubin, Lv Changhe. An analysis of driving factors of urban land expansion in China. Economic Geography, 2003, 23(5): 635-639.]
- [25] 陈利根,陈会广,曲福田,等. 经济发展、产业结构调整与城镇建设用地规模控制: 以马鞍山市为例 [J]. 资源科学, 2004, 26(6): 137-144. [Chen Ligen, Chen Hui-guang, Qu Futian, et al. Economic development, industrial restructuring and scale regulation of urban construction land: The case of Maanshan City. Resources Science, 2004, 26(6): 137-144.]
- [26] 韦素琼,陈健飞. 闽台建设用地变化与工业化耦合的对比分析 [J]. 地理研究, 2006, 25(1): 87-95. [Wei Suqiong, Chen Jianfei. A comparative research of coupled con-

- struction land change and industrialization between Fujian and Taiwan Provinces. *Geographical Research*, 2006, 25(1): 87-95.]
- [27] 曹银贵, 王静, 郑新奇, 等. 三峡库区城镇建设用地驱动因子路径分析 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(3): 66-69. [Cao Yingui, Wang Jing, Zheng Xinqi, et al. Path analyses of driving forces of urban constructive land in Three Gorges. *China Population, Resources and Environment*, 2007, 17(3): 66-69.]
- [28] 曲福田, 陈江龙, 陈雯. 农地非农化经济驱动机制的理论分析与实证研究 [J]. *自然资源学报*, 2005, 20(2): 231-241. [Qu Futian, Chen Jianglong, Chen Wen. Theoretical and empirical study on the land conversion economic driving forces. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(2): 231-241.]
- [29] 王家庭, 谢郁. 房价上涨是否推动了城市蔓延: 基于我国35个大中城市面板数据的实证研究 [J]. *财经科学*, 2016, (5): 103-111. [Wang Jiating, Xie Yu. Does real estate price increase promote urban sprawl: Panel data from 35 large and medium-sized cities in China. *Finance & Economics*, 2016, (5): 103-111.]
- [30] You H H, Yang X F. Urban expansion in 30 megacities of China: Categorizing the driving force profiles to inform the urbanization policy [J]. *Land Use Policy*, 2017, 68: 531-551.
- [31] Tiebout C M. A pure theory of local expenditures [J]. *Journal of Political Economy*, 1956, 64(5): 416-424.
- [32] Nechyba T J, Walsh R P. Urban sprawl [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2004, 18(4): 177-200.
- [33] Peltzman S. Toward a more general theory of regulation [J]. *The Journal of Law and Economics*, 1976, 19(2): 211-240.
- [34] Fischel W A. A property rights approach to municipal zoning [J]. *Land Economics*, 1978, 54(1): 64-81.
- [35] Fischel W A. The homevoter hypothesis: How home values influence local government taxation, school finance, and land-use policies [M]. Cambridge, USA: Harvard University Press, 2002.
- [36] Brueckner J K. Urban sprawl: Diagnosis and remedies [J]. *International Regional Science Review*, 2000, 23(2): 160-171.
- [37] 王培刚. 当前农地征用中的利益主体博弈路径分析 [J]. *农业经济问题*, 2007(10): 34-40. [Wang Peigang. Analysis on the game path of main interest body in current agricultural land requisition. *Issues in Agricultural Economy*, 2007(10): 34-40.]
- [38] 左学金, 王红霞. 中国现行土地制度对土地利用和新型城镇化的影响及应对: 兼论城镇化进程中土地利用的歧视性制度设计 [J]. *社会科学*, 2016(9): 49-58. [Zuo Xuejin, Wang Hongxia. China's land institution and its impacts on land-use during the process of urbanization: A study on the discriminatory system of land-use. *Social Science*, 2016(9): 49-58.]
- [39] 单卓然, 黄亚平. “新型城镇化”概念内涵、目标内容、规划策略及认知误区解析 [J]. *城市规划学刊*, 2013(2): 16-22. [Shan Zhuoran, Huang Yaping. An analysis of the concept, goals, contents, planning strategies and misunderstandings of new urbanization. *Urban Planning Forum*, 2013(2): 16-22.]
- [40] 王颖, 顾朝林, 李晓江. 中外城市增长边界研究进展 [J]. *国际城市规划*, 2014, 29(4): 1-11. [Wang Ying, Gu Chaolin, Li Xiaojiang. Research progress of urban growth boundary at home and abroad. *Urban Planning International*, 2014, 29(4): 1-11.]
- [41] 黄明华, 田晓晴. 关于新版《城市规划编制办法》中城市增长边界的思考 [J]. *规划师*, 2008, 24(6): 13-15. [Huang Minghua, Tian Xiaoping. Reflection on urban growth boundary in the new urban planning formulation means. *Planners*, 2008, 24(6): 13-15.]
- [42] 张学勇, 沈体艳, 周小虎. 城市空间增长边界形成机制研究 [J]. *规划师*, 2012, 28(3): 28-34. [Zhang Xueyong, Shen Tiyan, Zhou Xiaohu. Urban growth boundary formation mechanism. *Planners*, 2012, 28(3): 28-34.]
- [43] 祝仲文, 莫滨, 谢芙蓉. 基于土地生态适宜性评价的城市空间增长边界划定: 以防城港市为例 [J]. *规划师*, 2009, 25(11): 40-44. [Zhu Zhongwen, Mo Bin, Xie Furong. Delimitation of urban growth boundary based on land ecological suitability evaluation: A case of Fangchenggang. *Planners*, 2009, 25(11): 40-44.]
- [44] 王玉国, 尹小玲, 李贵才. 基于土地生态适宜性评价的城市空间增长边界划定: 以深汕特别合作区为例 [J]. *城市发展研究*, 2012, 19(11): 76-82. [Wang Yuguo, Yin Xiaoling, Li Guicai. Delimitation of urban growth boundary based on land ecological suitability evaluation: A case of Shenshan special corporation zone. *Urban Studies*, 2012, 19(11): 76-82.]
- [45] 和艳, 向瑜, 熊帼, 等. 面向空间管理的昆明城市增长边界研究: 以昆明市城市增长边界划定为例 [J]. *小城镇建设*, 2016(2): 77-82. [He Yan, Xiang Yu, Xiong Guo, et al. Urban growth boundary based on space management: A case study of Kunming City. *Development of Small Cities and Towns*, 2016(2): 77-82.]
- [46] 王振波, 张蔷, 张晓瑞, 等. 基于资源环境承载力的合肥市增长边界划定 [J]. *地理研究*, 2013, 32(12): 2302-2311. [Wang Zhenbo, Zhang Qiang, Zhang Xiaorui, et al. Urban growth boundary delimitation of Hefei City based on the resources and environment carrying capability. *Geographical Research*, 2013, 32(12): 2302-2311.]
- [47] 王宗记. 城市综合承载力导向下的城市增长边界划定: 以常州城市承载力规划研究为例 [J]. *江苏城市规划*, 2011(5): 14-17. [Wang Zongji. Urban growth boundary design based on synthetic carrying capacity evaluation: A case study of Changzhou City. *Jiangsu Urban Planning*,

- 2011(5): 14-17.]
- [48] 钟珊, 赵小敏, 郭熙, 等. 基于空间适宜性评价和人口承载力的贵溪市中心城区城市开发边界的划定 [J]. 自然资源学报, 2018, 33(5): 801-812. [Zhong Shan, Zhao Xiaomin, Guo Xi, et al. Delimitation of urban growth boundary based on spatial suitability evaluation and population carrying capacity in Guixi county. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(5): 801-812.]
- [49] Santé I, García A, Miranda D, et al. Cellular automata models for the simulation of real-world urban processes: A review and analysis [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 96(2): 108-122.
- [50] 龙瀛, 韩昊英, 毛其智. 利用约束性CA制定城市增长边界 [J]. 地理学报, 2009, 64(8): 999-1008. [Long Ying, Han Haoying, Mao Qizhi. Establishing urban growth boundaries using constrained CA. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(8): 999-1008.]
- [51] 徐康, 吴绍华, 陈东湘, 等. 基于水文效应的城市增长边界的确定: 以镇江新民洲为例 [J]. 地理科学, 2013, 33(8): 979-985. [Xu Kang, Wu Shaohua, Chen Dongxiang, et al. The urban growth boundary determination based on hydrology effect: Taking Xinminzhou as an example. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(8): 979-985.]
- [52] 周锐, 王新军, 苏海龙, 等. 基于生态安全格局的城市增长边界划定: 以平顶山新区为例 [J]. 城市规划学刊, 2014(4): 57-63. [Zhou Rui, Wang Xinjun, Su Hailong, et al. Delimitation of urban growth boundary based on ecological security pattern. *Urban Planning Forum*, 2014(4): 57-63.]
- [53] White R, Engelen G. High-resolution integrated modeling of the spatial dynamics of urban and regional systems [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2000, 24(5): 383-400.
- [54] Haase D, Lautenbach S, Seppelt R. Modeling and simulating residential mobility in a shrinking city using an agent-based approach [J]. *Environmental Modelling and Software*, 2010, 25(10): 1225-1240.
- [55] Parker D, Manson S, Janssen M, et al. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2003, 93(2): 314-337.
- [56] Matthews R, Gilbert N, Roach A, et al. Agent-based land-use models: A review of applications [J]. *Landscape Ecology*, 2007, 22(10): 1447-1459.
- [57] Verburg P. Simulating feedbacks in land use and land cover change models [J]. *Landscape Ecology*, 2006, 21(8): 1171-1183.
- [58] Devisch O. Should planners start playing computer games? arguments from SimCity and second life [J]. *Planning Theory & Practice*, 2008, 9(2): 209-226.
- [59] Samsura D A, Der Krabben E V, Van Deemen, A M. A game theory approach to the analysis of land and property development processes [J]. *Land Use Policy*, 2010, 27(2): 564-578.
- [60] 杨青生, 黎夏. 多智能体与元胞自动机结合及城市用地扩张模拟 [J]. 地理科学, 2007, 27(4): 542-548. [Yang Qingsheng, Li Xia. Integration of multi-agent systems with cellular automata for simulating urban land expansion. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27(4): 542-548.]
- [61] Li X, Liu X P. Defining agents' behaviors to simulate complex residential development using multicriteria evaluation [J]. *Journal of Environmental Management*, 2008, 85(4): 1063-1075.
- [62] 张鸿辉, 曾永年, 谭荣, 等. 多智能体区域土地利用优化配置模型及其应用 [J]. 地理学报, 2011, 66(7): 972-984. [Zhang Honghui, Zeng Yongnian, Tan Rong, et al. A model for regional land use optimization allocation based on multi-agent system and its application. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(7): 972-984.]
- [63] 张鸿辉, 王丽萍, 金晓斌, 等. 基于多智能体系统的城市增长时空动态模拟: 以江苏省连云港市为例 [J]. 地理科学, 2012, 32(11): 1289-1296. [Zhang Honghui, Wang Liping, Jin Xiaobin, et al. Simulation of spatio-temporal dynamical change of urban growth based on multi-agent system: Case study of Lianyungang City, China. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(11): 1289-1296.]
- [64] Zhang J, Wang K, Song G X, et al. Application of multi-agent models to urban expansion in medium and small cities: A case study in Fuyang City, Zhejiang Province, China [J]. *Chinese Geographical Science*, 2013, 23(6): 754-764.
- [65] Tayyebi A, Pijanowski B, Pekin B. Two rule-based Urban Growth Boundary Models applied to the Tehran Metropolitan Area, Iran [J]. *Applied Geography*, 2011, 31(3): 908-918.
- [66] Tayyebi A, Pijanowski B, Tayyebi A H. An urban growth boundary model using neural networks, GIS and radial parameterization: An application to Tehran, Iran [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 100(1): 35-44.
- [67] He Q S, Tan R H, Gao Y, et al. Modeling urban growth boundary based on the evaluation of the extension potential: A case study of Wuhan City in China [J]. *Habitat International*, 2016, 72: 57-65.
- [68] Hu S G, Tong L Y, Frazier A E, et al. Urban boundary extraction and sprawl analysis using Landsat images: A case study in Wuhan, China [J]. *Habitat International*, 2015, 47: 183-195.
- [69] 付玲, 胡业翠, 郑新奇. 基于BP神经网络的城市增长边界预测: 以北京市为例 [J]. 中国土地科学, 2016, 30(2): 22-30. [Fu Ling, Hu Yecui, Zheng Xinqi. The prediction of urban growth boundary based on BP artificial neural networks: An application to Beijing. *China Land Science*, 2016, 30(2): 22-30.]

- [70] Couch C, Karecha J. Controlling urban sprawl: Some experiences from Liverpool [J]. *Cities*, 2006, 23(5): 353-363.
- [71] Kasanko M, Barredo J, Lavalle C, et al. Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 77(1): 111-130.
- [72] Millward H. Urban containment strategies: A case-study appraisal of plans and policies in Japanese, British, and Canadian cities [J]. *Land Use Policy*, 2006, 23(4): 473-485.
- [73] Wassmer R. The influence of local urban containment policies and statewide growth management on the size of United States urban areas [J]. *Journal of Regional Science*, 2006, 46(1): 25-65.
- [74] Gennaio M, Hersperger A, Burgi M. Containing urban sprawl: Evaluating effectiveness of urban growth boundaries set by the Swiss land use plan [J]. *Land Use Policy*, 2009, 26(2): 224-232.
- [75] Jun M. The effects of Portland's urban growth boundary on urban development patterns and commuting [J]. *Urban Studies*, 2004, 41(7): 1333-1348.
- [76] Jun M. The effects of Portland's urban growth boundary on housing prices [J]. *Journal of the American Planning Association*, 2006, 72(2): 239-243.
- [77] Han H Y, Lai S K, Dang A R, et al. Effectiveness of urban construction boundaries in Beijing: An assessment [J]. *Journal of Zhejiang University Science*, 2009, 10(9): 1285-1295.
- [78] 龙瀛, 韩昊英, 赖世刚. 城市增长边界实施评估: 分析框架及其在北京的应用 [J]. *城市规划学刊*, 2015(1): 93-100. [Long Ying, Han Haoying, Lai Shigang. Implementation evaluation of urban growth boundaries: An analytical framework for China and a case study of Beijing. *Urban Planning Forum*, 2015(1): 93-100.]
- [79] 闫梅, 黄金川. 国内外城市空间扩展研究评析 [J]. *地理科学进展*, 2013, 32(7): 1039-1050. [Yan Mei, Huang Jinchuan. Review on the research of urban spatial expansion. *Progress in Geography*, 2013, 32(7): 1039-1050.]
- [80] 王婧, 方创琳. 城市建设用地增长研究进展与展望 [J]. *地理科学进展*, 2011, 30(11): 1440-1448. [Wang Jing, Fang Chuanglin. Growth of urban construction land: Progress and prospect. *Progress in Geography*, 2011, 30(11): 1440-1448.]

A literature review of urban growth boundary: Theory, modeling, and effectiveness evaluation

TAN Ronghui¹, LIU Yaolin², LIU Yanfang², HE Qingsong³

(1. College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

3. College of Public Administration, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The traditional extensive urban land use will not meet the requirements of new urbanization. As a result, controlling urban sprawl and land use optimization have become one of the key tasks of land resources management. The purpose of this study is to provide new perspectives and identify research areas for urban growth boundary study through the review and analysis of existing theoretical models, methods, and effectiveness evaluation cases. The research methods we employed are literature review and induction and deduction. The results indicate that the theoretical basis of urban growth analysis came from monocentric city model. Most studies in China mainly focused on the impact of economic factors, industrial structure, and accessibility on urban growth while public policies and services, externality, and stakeholder power struggles are also thought to have effects on urban growth. Urban growth rigid boundary design is mainly based on suitability and carrying capacity assessments, and elastic boundary is usually modeled by using cellular automata. The effectiveness of urban growth boundary on controlling urban sprawl is different in different cities in developed countries. There are few case studies to evaluate the effectiveness of urban growth boundary in China. We should adopt diversified theories to study the mechanism of urban growth. The effects of multilevel drivers on urban growth should be considered in future research. Most importantly, stakeholder power struggles should be taken into consideration in future elastic boundary modeling. In order to make urban growth boundary policies sustainable and balance regional development, legal and management systems of urban growth boundary should be designed in the future.

Keywords: land use; urban growth; urban sprawl; urban growth boundary; review