

文章编号: 1009-6000(2018)03-0123-09
中图分类号: TU984 文献标识码: B
doi: 10.3969/j.issn.1009-6000.2018.03.018

基金项目: 国家自然科学基金(41101568)、国家自然科学基金项目(41771534)、重庆市自然科学基金项目(cstcjjA00008)、国家社会科学基金重点项目(14AZD124)和教育部人文社科研究规划基金项目(13YJA630120)。

作者简介: 张星星,女,贵州省不动产登记中心,西南大学资源环境学院,硕士研究生,主要研究方向为城市地理学、不动产登记;
刘勇,通信作者,男,重庆大学建设管理与房地产学院,博士,副教授,主要从事城市地理、城市生态、土地管理;
岳文泽,男,浙江大学土地科学与不动产研究所,博士,教授,主要研究方向为土地利用与城市管理。

ABM模型支持下的城市增长边界划定研究

——以重庆为例

Delineating Urban Growth Boundaries Using ABM Model: A Case of Chongqing

张星星 刘勇 岳文泽

ZHANG Xingxing LIU Yong YUE Wenzhe

摘要:

研究目的: 探讨 UGB 划定的理念和方法。研究方法: 以重庆为例,将基于智能体的模型(ABM)与 UGB 划定相结合,整合生态控制刚性边界和城市增长弹性边界,在复杂山地环境下划定 UGB。本文模拟 4 种不同政府类型下的弹性 UGBs 方案:即一般型政府(GG)、谨慎型政府(CG)、开发型政府(DG)和放任型政府(MG)。研究结果:4 种方案下的 UGBs 方案各有优劣,如 CG 方案追求平稳发展,城市开发受规划控制较严,强调耕地保护目标和城市空间紧凑发展;GG 方案表现仅次于 CG 方案;DG 方案更强调经济驱动和城市扩张,城市开发部分越过规划红线,致使城市紧凑度较低;MG 方案中对城市开发管制较少,出现了明显的蔓延趋势。研究结论:ABM 模型校正的像元吻合率达到 82.92%,其模拟结果可作为弹性 UGBs 划定的参照,但还需根据城市规划目标来调整,尤其是体现多中心组团式的总体格局。

关键词:

城市增长边界;基于智能体的模型;元胞自动机;山地城市

Abstract: The purpose of this paper is to explore the methods of delineating UGBs in China. Taking Chongqing as a case, this paper attempted to integrate the simulation of ABM model and the delineation of UGB to explore the delineation of UGBs in complex mountainous setting. Particularly, this study combined the rigorous boundaries for the purpose of ecological protection and the elastic boundaries for providing new space for urban growth. Four scenarios were defined to simulate different types of local governments considering their preferences toward development and protection: i.e., general government (GG), cautious government (CG), developmental government (DG) and minimalist government (MG). The results indicated

that four scenarios of UGBs had their respective advantages and shortcomings. Specifically, the scenarios of CG paid attention on the moderate speed of development, the compact urban form and the minimal loss of farmland, thus being consistent with the goals of planning permits. The scenarios of GG had good performances similar to that of CG. The scenario of DG focused on rapid urban development, thus not conforming to master plans and leading to outward growths. The scenario of MG was evident in sprawling, without rigorous zoning and regulations. However, it should be noted that the results of UGBs simulated by ABM should be adjusted and adapted to satisfy the goals of urban planning, such as polycentric urban development.

Key words: urban growth boundary (UGB); agent-based model (ABM); cellular automata (CA); mountainous city

0 引言

城市增长边界 (UGB) 于 20 世纪 70 年代最早在美国波特兰规划中实施, 根据农用地肥力等级、城市增长模式等因素综合确定约束城市发展的规模与边界^[1]。波特兰市在 UGB 的合理划定、定期评估、动态修改方面建立了非常严格的制度体系。我国学者对城市增长边界研究起步较晚, 在 20 世纪 90 年代后期将城市增长管理的相关理论引入我国并展开相关研究, 目前由国土和规划部门牵头, 正在北京、上海、贵阳等 14 个城市开展 UGB 的试点工作。UGB 能有效地阻止城市的无序蔓延、保护生态用地、优化城市空间形态和城市精明增长, 我国城镇化的速度和规模空前, 由此引发的城市蔓延、耕地流失和生态退化问题日益严峻, 这为建立具有强约束力的 UGB 制度提供了契机。随着国家新型城镇化战略的提出, 我国更迫切地需要引入美国的 UGB 制度, 用以约束城市蔓延和引导城市合理增长^[1-5]。由于我国国情和制度环境均不同于美国, 目前学术界研究的焦点问题是, 在中国特色的土地制度和规划制度下, 如何科学合理划定 UGB 及建立配套的制度体系^[6]。目前, 国内文献对 UGB 划定的方法探讨, 可大致分为两类, 一是元胞自动机 (CA) 法^[7], 二是生态视角下的 UGB 划定法, 如生态适宜性评价法、四区划定法、绿色基础设施评价法等^[8-12]。

然而, 第一类方法关注的是静态空间均衡, 难以反映城市空间系统的复杂性; 第二类方法则是通过“逆向思维”, 通过先行划定生态控制范围再反过来约束城市扩展空间, 但明显忽视了复杂的人为因素和

个体决策行为。最近兴起的基于智能体模型 (ABM) 结合了 CA 和智能体的优点, 较好模拟了自然环境要素和复杂空间决策行为下的城市增长形态, 可为 UGB 划定提供有力依据^[13-15]。因此, 本文拟以重庆为例,

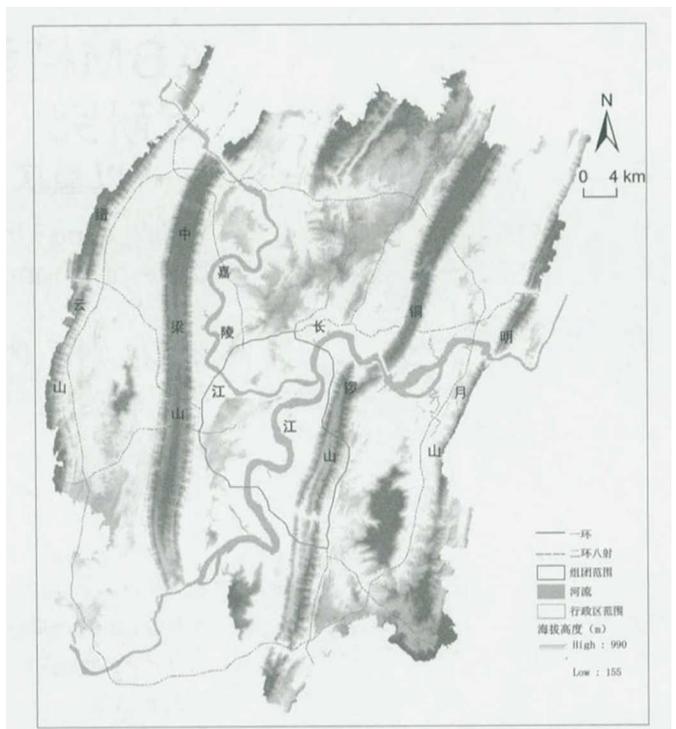


图1 研究区示意图

针对 UGB 的特点构建 ABM 模型, 模拟不同政府偏好下的多规划情景, 并对其 2025 年 UGB 划定进行动态仿真, 以期为正在开展的 UGB 划定试点提供思路和方法借鉴。

1 研究区、数据与方法

1.1 研究区概况

本文选择重庆中心城区为例。重庆是具有复杂地形的山地城市, 又是多中心组团式的典型城市, 其 UGB 划定无疑比一般的平原城市更具挑战性。这一区域的四山两江格局独具特色, 由此形成了“一城五片, 多中心组团式”的鲜明城市空间结构(图 1)。近年来, 重庆快速的经济增长和城镇化进程给脆弱的山地生态系统带来了前所未有的压力。城市开发大量夷平山丘、切割水系、侵蚀绿地、穿凿隧道, 突破山水阻隔向外围出现跳跃式扩张, 加剧了水土流失、滑坡、洪水等灾害的发生机率, 也导致了城市热岛、空气污染、交通拥挤等问题的恶化。山水生态系统的复杂性、敏感性及脆弱性, 以及重庆未来超千万人口特大城市的定位, 迫切需要引入 UGB 理念, 对生态制约下的城市扩展进行规模约束和边界约束。

1.2 数据来源

本文的研究数据主要来源于重庆市地理信息中心提供的空间数据和相关机构提供的统计数据, 具体包括: 人口普查数据、基准地价数据、城市基础设施 POI 数据、城市用地分布图(2006 和 2011 年, 5m 分辨率, 基于 QuickBird 和 Worldview-2 影像解译)、DEM 模型(1:1 万)、出让地块数据、路网数据等。数据处理主要包括: 将不同来源的数据统一到同一空间坐标系下; 借助 GIS 空间分析手段(包括重分类、栅格计算、空间插值、邻域统计和叠加分析等)对输入 ABM 模型的图层进行归一化处理; 对数据进行重采样, 统一为栅格数据, 栅格大小为

100×100m。

1.3 研究方法

(1) ABM 模型。

ABM 模型基于多智能体决策交互, 模拟城市土地利用空间决策行为和规则体系, 结合了微观自下而上和宏观自上而下的决策优点, 也结合了 CA 邻域规则和智能体 (Agent) 决策规则的优点, 能较好模拟城市空间增长^[16-18]。ABM 模型主要包括约束层、环境层、CA 层和多智能体层。环境层是指元胞和智能体所处的自然、社会和经济等外部环境, 具体可分为自然条件层、社会状况层、经济发展层、交通通达层、土地利用/覆盖层。CA 层通过二元 logistic 回归得到转换规则, 反映土地利用状态和各空间变量之间的关系, 确定城市 CA 转换概率 P_{ca}^{ij} 。ABM 层通过智能体之间的决策交互行为确定 ABM 层的转换概率 P_{abm}^{ij} 。模型可表示为^[19]:

$$P_{transition} = \gamma (w_{ca} \times P_{ca}^{ij} + w_{abm} \times P_{abm}^{ij}) \quad (式 1)$$

式中, $P_{transition}$ 为非城镇用地单元转换为城镇用地的最终转换概率, w_{ca} 和 w_{abm} 分别为 CA 层和 ABM 层转换概率占最终转换概率的权重, γ 为随机控制系数。最终, $P_{transition}$ 将与给定的阈值做比较, 若大于, 非城镇土地单元就转化为城镇用地, 并进行下一轮的模拟, 若小于, 则重新返回进行选择。

智能体 Agent 包括政府、开发商和农户, 政府 Agent 充当宏观调控的角色, 开发商作为一个投资开发群体也视为一个 Agent, 两者都没有空间属性, 而农户 Agent 的初始空间属性是随机分布的。

① 开发商 Agent 及其决策规则。开发商 Agent 的决策行为是以自身利益最大化为前提, 当选定了其要开发的土地单元位置, 则向政府提出申请, 一旦申请通过, 开发商将对其进行开发。第 t 个开发商 Agent 对某一待选土地单元 (i, j) 选择效用为:

$$U(t, ij) = a * E_{pubserv} + b * E_{landprice} + c * E_{popdense} + \epsilon_{ij} \quad (式 2)$$

式中, $E_{pubserv}$ 、 $E_{landprice}$ 、 $E_{popdense}$ 分别表示待选土地单元的公共基础设施服务、地价和人口密度, a 、 b 、 c 分别是对应影响因素的权重, ϵ_{ij} 为随机干扰项。

② 农户 Agent 及其决策规则。城市空间的扩展必然会导致耕地转换为城镇用地, 一方面, 农民不希望丢失维持生计的土地, 另一方面, 农民希望参与城市化并享受到城市化的成果。因此, 农户智能体用线性分割的方法计算农户 Agent 对某一非城镇单元转换为城镇单元的相对赞成指数 P_{farmer} :

$$P_{farmer} = \frac{P_{urban}}{P_{urban} + P_{agriculture}} \quad (式 3)$$

式中, $P_{agriculture}$ 表示农户支持某一非城镇单元继续为耕地使用的意愿, P_{urban} 表示农户支持某一非城镇单元转化为城镇用地的意愿, 可表示为:

$$P_{urban} = f(E_{traffic}, E_{economic}, E_{location}, NI_{ij, urban}) \quad (式 4)$$

$$P_{agri} = f(E_{nature}, NI_{ij, agriculture}) \quad (式 5)$$

式中, $NI_{ij, urban}$ 和 $NI_{ij, agriculture}$ 分别表示土地单元的城镇邻域状态和耕地邻域状态, $E_{traffic}$ 、 $E_{economic}$ 、 $E_{location}$ 、 E_{nature} 分别表示土地单元所处的为交通通达度、经济状况、区位条件和自然条件状况。

③ 政府 Agent 及其决策规则。政府对土地资源的配置主要考虑可持续发展原则, 一方面要满足城市快速发展的用地需求, 另一方面要保护好优质的耕地资源。本文先用土地适宜性评价来获得非城镇土地单元的农业发展适宜性 P_{agri} 和城镇发展适宜性 P_{urban} , 再用线性分割的方法来定义城市发展空间效益指数 P_D , 其值越大, 被政府配置成城市用地的概率也就越高。

$$P_D = \frac{P_{urban}}{P_{urban} + P_{agri}} \quad (式 6)$$

政府在确定 P_D 后, 对开发商的用

地申请进行评估, 根据该申请地点的土地利用现状和未来的规划方向, 给出接受概率。若一个地区被申请的次数越多, 其被政府接受的概率也就越大, 并且当一个地区的开发申请通过后, 就会增加其周围地区被接受开发申请的概率。

$$P_{gov}^{ij} = P_{gov}^{ij'} + g \times \Delta P_1 + h \times \Delta P_2 \quad (式 7)$$

($i \in [1, n], j \in [1, m]$)

式中, P_{gov}^{ij} 为土地单元 (i, j) 被政府接受的概率, $P_{gov}^{ij'}$ 为政府接受的初始概率, g 为土地单元被申请的次数, ΔP_1 为每申请一次, 政府增加的接受概率, h 为土地单元 (i, j) 的邻域内, 政府接受申请的总土地单元数, ΔP_2 为每增加一个邻域已开发网格, 政府增加的接受概率。

开发商对效用较大的土地单元向政府提出申请, 使政府对原始概率进行修正, 同时参与城市发展的农户行为也反馈给政府, 政府根据公众的意见对最初的规划进行修订。ABM 层转换概率可表示为:

$$P_{abm}^{ij} = a \times P_{gov}^{ij} + \beta \times U(t, ij) \quad (式 8)$$

式中, a、 β 分别为政府和开发商接受土地单元 (i, j) 转换概率的权重。

(2) ABM 模型支持下的 UGB 划定思路。

UGB 作为城市地理空间发展的控制边界, 是多要素共同作用决定的, 它不仅受到自然、社会、经济等因素的影响, 而且受各微观空间个体的行为决策及之间的合作行为的影响。ABM 模型集合了 CA 模型和多智能体, 并将生态控制范围定义为约束层, 是 CA 法和生态视角下的城市增长边界划定法的一种结合, 也是对以往城市规划弹性不足的改善, 能更准确地划定城市增长边界。城市增长边界和 ABM 模型两者之间的具体结合表现在: ① UGB 刚性增长边界主要是考虑生态控制底线, 城市不能越过刚性增长边界进行建设, 而 ABM 中通过对约束层的定义, 来排除城市生态系统中不能进

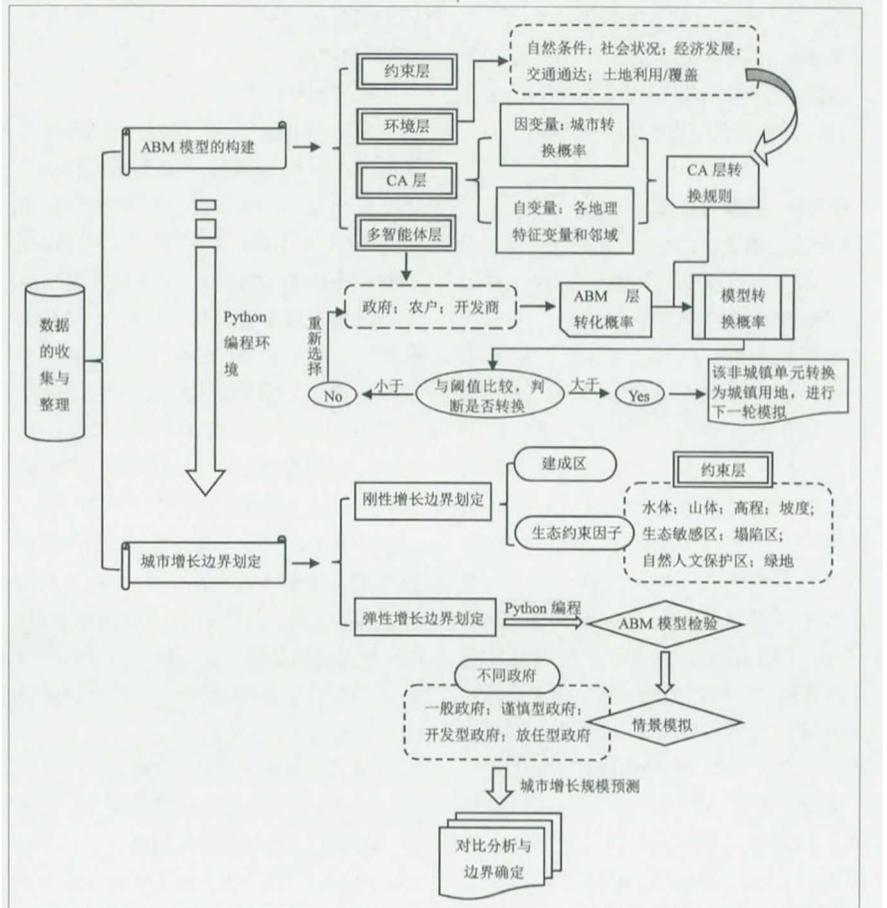


图2 技术路线图

行开发的区域。② UGB 弹性增长边界需要通过考虑城市外界环境中的多种自然、人文因素, 并且结合开发商、农民、政府等个体开发行为综合划定的。ABM 模型的环境层容纳了土地单元所处环境的各种自然、人文因素; CA 层线性表达城市增长所受外界因素影响的转换规则; ABM 层表达政府规划政策、开发商偏好以及农民意愿等微观主体行为决策对城市增长的影响。因此, 本文通过生态控制底线来划定刚性增长边界, 在以刚性增长

边界作为 ABM 模型的约束层, 通过综合考虑 UGB 的各种影响因素构建 ABM 模型, 从而模拟划定弹性 UGB。

(3) 技术路线。

本文基于 Python 编程语言构建 ABM 模型, 用于模拟 UGB 的划定 (图 2)。UGB 中的刚性增长边界通过叠加生态约束因子得到生态边界, 并设定为 ABM 的约束层, 生态边界和已建成区共同组成刚性增长边界; UGB 中的弹性增长边界需要对构建的 ABM 模型进行模型检验和情景模

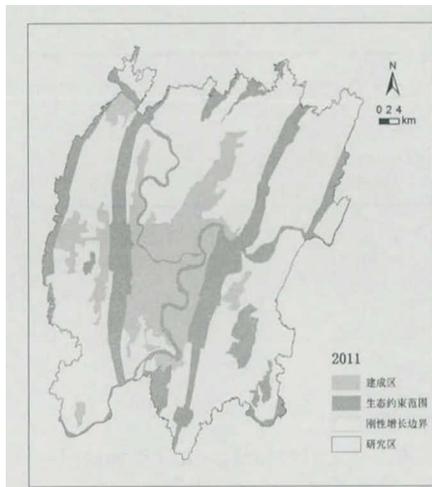


图3 UGB刚性增长边界

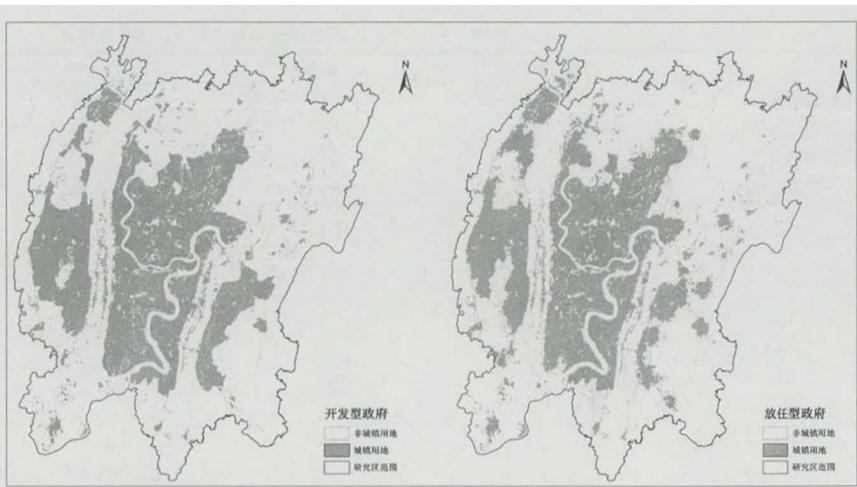


图4 2011年模拟结果与实际情况对比图

拟。本文设定政府不同偏好下的四种情景，预测并评估 2025 年不同情景下的城市用地扩展规模边界，对城市弹性增长边界进行综合修正划定。

2 结果分析

2.1 UGB刚性增长边界的划定

刚性增长边界是通过分析自然生态约束因素，在城市最大生态承载力下划定的不可逾越的生态安全底线，其必须严格的控制，任何时候城市的扩张均不能超越其范围，原则上是不允许修改的。针对重庆山水城市的特殊性，考虑到规避自然环境灾害对城市发展的影响和保护山区生态资源，刚性增长边界划定考虑以下自然生态约束条件：①重要水体：包括长江、嘉陵江、生态湿地在内的重要水源保护地。②山体：缙云山、中梁山、铜锣山和明月山等天然绿色生态屏障及环城游憩带。③陡坡：参照《城市用地竖向规划规范(CJJ 83-99)》规定，坡度大于 25% 临界值的区域。④无城市供

水区域：海拔高度大于 500m，不属于城市供水区域。⑤塌陷区：海拔高度 450m 以上，受煤矿开采和隧道开凿影响的地表水漏失、坍塌和地裂缝区域。⑥自然和人文保护区：国家、市、县级自然保护区、风景名胜区、森林公园和野生动物保护地。⑦生态敏感区：以单斜山地丘陵地貌为主，滑坡、泥石流等地质灾害频发的区域。⑧城市绿地：山体、陡坡、冲沟、溪流等敏感地带的绿地集中区域，由于坡度较大、水土流失风险大、植被恢复难度大等原因而作为保护绿带和绿楔。需要说明的是，本研究范围内不涉及基本农田保护区。本文采用空间叠加的方式得到生态约束的刚性增长边界(图 3)。

2.2 UGB弹性增长边界的模拟

弹性增长边界是一定时期人口和社会经济发展对城市建设用地需求的边界范围，其会随着自然、社会、经济等影响因素的变化而变化，具有一定的弹性。本文的弹性增长边界是以刚性增长边界

为基础，在保护生态环境的前提下，综合考虑各影响因素和行为主体决策的影响，划定未来一定时期内的城市扩展边界。

(1) ABM 的模型校正。

ABM 模型校正以 2006 为基期年，以 2011 年为校正目标年，将 ABM 模拟的 2011 年建设用地分布图与真实的分布图进行叠加，逐像元对比以验证模拟精度。通过校正可知，城市弹性增长边界的模拟结果与实际情况大体一致，像元吻合度达到 82.92%，模拟精度较高。但是模拟的空间形态更加紧凑，主要是受 CA 邻域转换规则，对跳跃式和突发性城市开发的预见性不足。

(2) UGB 的情景设定。

本文情景设定主要是基于对城市开发有主导作用的地方政府，并根据政府智能体的特点设定一般政府 GG(General Government)、谨慎型政府 CG(Cautious Government)、开发型政府 DG(Developmental Government)和放任型政府 MG(Minimalist Government)^[17]。GG

表1 不同地方政府角色下的情景参数设定

政府类型	ΔP_1	ΔP_2	a	β
一般政府GG	0.05	0.04	0.5	0.5
谨慎型政府CG	0.03	0.02	0.2	0.8
开发型政府DG	0.08	0.07	0.8	0.2
放任型政府MG	—	—	0	1

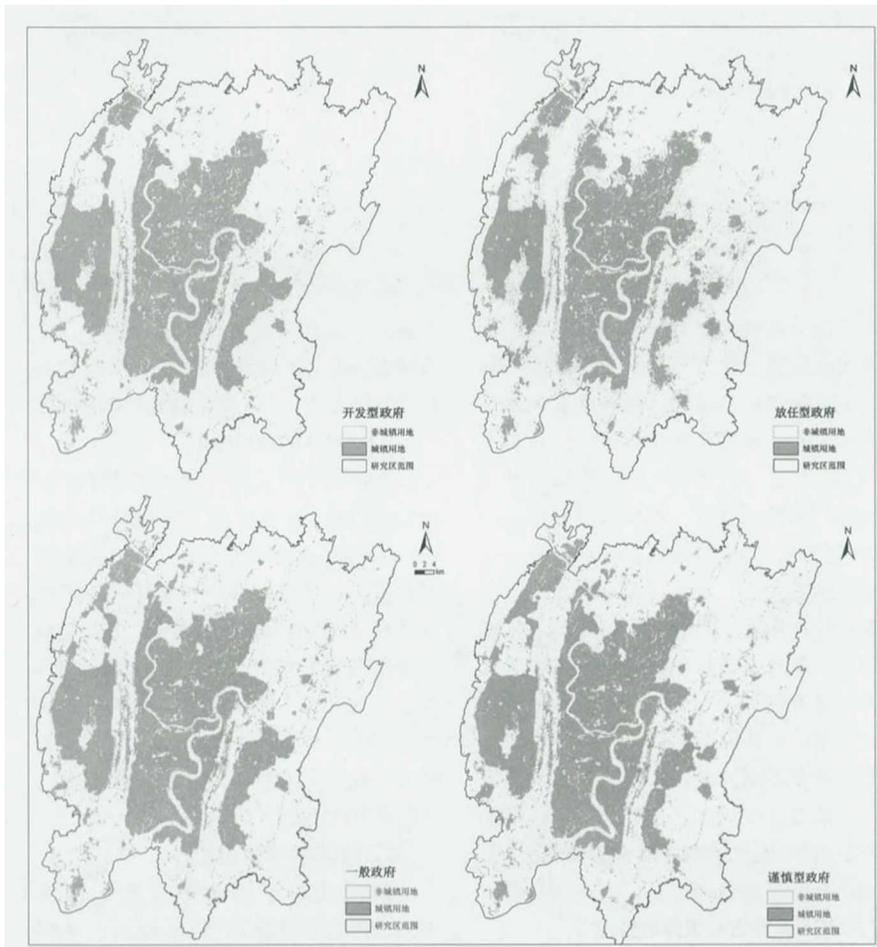


图5 四种情景下的弹性增长边界的模拟结果

不考虑决策风险偏好。CG 决策相对保守和比较稳妥，DG 偏好更快的城市开发速度。通过政府对开发商提出申请的非城镇用地单元的不同接受概率，反映 CG 和 DG 的区别。CG 更看重社会稳定，对农户反馈更加重视。如果初始的规划方案，损害了农户的利益，导致大多数农户对土地开发持反对意见，政府就会降低对申请土地开发单元的接受概率（式 7 中的 ΔP_1 、 ΔP_2 的值），及在 ABM 层转化概率中的开发商接受土地单元的转换概率权重（式 8 中的 β 值），并相应改变 a 值（表 1）。相反，DG 则更加强调城市的发展，政府对开发商申请土地单元有着较高的接受程度，即提高 ΔP_1 、 ΔP_2 和价值，并相应改变 a 值。MG 是指在城市发展中，政府颁布的宏观调控政策作用甚微，城市发展完全受市场力量驱动。城市增长的 ABM 层转化概率仅由开发商的意愿决定。

(3) UGB 的规模预测。

根据第六次人口普查数据，研究区 2011 年总人口为 698.14 万，历年重庆市城市总体规划提供的人口增速，其机械增长率为 3%，预测 2025 年总人口为 1066.17 万。根据重庆市地理信息中心提供的高分辨率遥感影像解译的城市用地现状图，2011 年建成区面积为 549.02km²，人均城镇建设用地上为 78.64m²，在《城市用地分类与规划建设用地标准》（GBJ137-

表2 四种情景下的规划评估表 (单位: km²)

	一般政府	谨慎型政府	开发型政府	放任型政府
占用地类				
耕地	460.58	458.10	461.91	462.65
湿地	7.00	7.19	6.96	7.47
水体	9.42	9.88	9.37	10.11
林地	40.15	41.98	38.91	36.92
增长类型				
填充	64.19	65.65	63.99	64.83
边缘	444.58	443.45	444.60	413.95
跳跃	8.39	8.06	8.56	38.37
规划比较				
落入规划建设区的面积	898.84	898.95	897.53	892.85
落入规划留用区的面积	46.86	46.81	47.94	47.28
超出规划范围线的面积	120.47	120.41	120.7	126.04

90)》分级中属Ⅱ级(75.19-91.0),与其它同类城市相比人均用地指标偏低,不能满足城市发展需求。在预测中将人均城镇建设用地调整至国标Ⅲ级水平,确定2025年调整为100m²/人,预测2025年城镇建设用地规模为1066.17km²,是2011年建成区面积的1.94倍。

(4) UGB的情景模拟。

根据上述4种政府的情景设定,对代码进行相应的修改,运行得到2025年重庆城市扩展的4种模拟情景图(图5)。由图可知,4种情景都有一定数量的内部填充开发,尤其以中梁山和铜锣山之间的中心组团填充开发最为明显;在城市的外围组团,如北碚、西永和茶园-鹿角等组团,出现了大规模的城市边缘增长,但不同情景下扩展程度有所差异。有趣的是,MG未能有效约束城市边缘的零星式开发和建设。与此同时,4种情景模拟都未能准确模拟西永、鱼嘴等新兴组团未来的发展趋势。

(5) UGB的情景评估。

①地类转换评估。表2给出了不同

情景下农地非农化规模。CG情景占用耕地最少,重视农户的反馈意见,但占用了较多的林地、水体和湿地,其表现仅略好于MG情景。DG情景占用耕地较多,占用林地略高于MG情景,但侵占水体、湿地较少。MG情景占用耕地最多,其决策完全取决于开发商的意愿,而在山地环境中,开发商偏好开发成本相对较低的缓坡耕地而非林地。MG情景的林地占用最少,但水体、湿地侵占数量仍然较多。

②增长类型评估。表2给出了不同情景下的城市增长类型。总体上,城市扩张均以边缘增长为主,即使是MG情景,其比例也在80%以上。城市内部填充增长比例在12%左右,其中CG情景内部填充增长最多。跳跃式增长比例相对较少,但MG其比例高达7.42%,仍不可忽视其负面影响。

③规划对比评估。表2给出了4种情景与重庆市城乡总体规划(2007-2020年,2011年修编)的比较结果。4种情景下,大部分新增用地都落在规划建设区域内,少量落在规划留用区甚至规划范

围线以外。到2025年,GG有120.47km²城市建设用地在规划控制线外面,CG比GG少,DG和MG则比GG多,MG最多。

④总体评估。4种情景在城市扩张中对耕地的保护程度依次为CG、GG、DG、MG。值得注意的是,过于严格的耕地保护压力,会导致城市开发过度侵蚀生态敏感用地(如林地、湿地、水体),可能会得不偿失。CG以内部填充和边缘扩展较高,城市空间形态紧凑;DG以边缘扩展为主,跳跃式扩展相对较多,城市空间紧凑度降低;MG以外围组团的跳跃式扩张较多,蔓延现象突出。CG追求平稳发展,城市开发多发生在规划控制线内,而DG和MG往往会超过规划允许建设区。

2.3 UGB的综合划定

ABM模型综合区域生态格局、自然资源状况、经济发展现状来模拟未来不同情景模式下的城市增长,其结果可作为UGBs划定的基础。在保持2025年城市建设用地面积规模不变的情况下,参照城市未来的发展目标、功能定位对各组团的布局和面积进行调整,从而得到

更为科学合理的UGBs(图6),引导、满足城市的可持续性发展。4种情景下,中心组团有不同程度的内部填充,而北碚、西永和茶园-鹿角等外围组团均有大规模的边缘增长,但四种情景扩展程度各有差异。另外,MG城市边缘零星式开发严重。因而,4种情景模式的UGBs方案各有优劣。CG追求平稳发展,城市开发多发生在规划控制线内,并且注重耕地的保护,城市空间形态紧凑;GG各方面都仅次于CG;DG关注城市发展,城市开发会超过规划允许建设区,城市空间形态紧凑度较低;MG较DG,城市开发更加无序,蔓延现象更为明显。

3 结论与讨论

本文针对目前正在开展的UGBs划定问题,以重庆为例,将ABM模型引入UGBs的划定,并定义了不同类型的政府Agent:即一般政府、谨慎型政府、开发型政府和放任型政府,以模拟不同政府导向下的弹性UGBs。研究表明:4种情景的UGBs方案各有优劣。CG追求平稳发展,城市开发多发生在规划控制线内,并且注重耕地的保护,城市空间形态紧凑;GG各方面都仅次于CG;DG关注城市发展,城市开发会超过规划允许建设区,城市空间形态紧凑度较低;MG较DG,城市开发更加无序,蔓延现象更为明显。ABM模型校正的像元吻合率达到82.92%,这说明ABM模拟结果可以作为UGBs划定的基础,但需要参照城市未来发展目标对各组团的布局进行调整。

本文在前人研究的基础上,试图将ABM模型与UGB划定相结合,有效整合生态控制的刚性边界和城市增长的弹性边界,并设定不同情景以模拟多方案规划,这对UGB划定工作有以下借鉴作用:第一,本文用多方案规划思路,划分了4种政府类型下UGBs的供选方案。本文定义的政府类型,即一般型、谨慎型、开

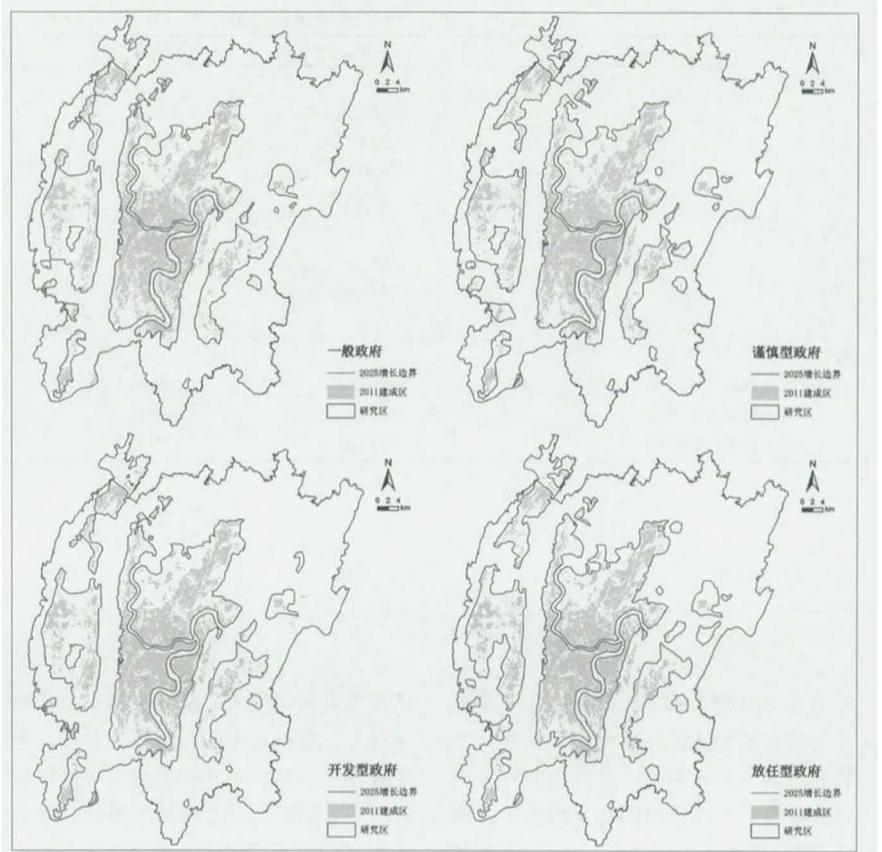


图6 四种情景下城市增长边界的确定

发型、放任型政府,借鉴了季民河、汪锐良等的研究成果^[20-21],并进一步考虑政府和市场在资源配置中的作用。第二,开发型政府(DG)可能是众多地方政府的共同特征,更强调地方政府在经济发展和城市开发的引导和控制作用,并与开发商形成强势的地方增长联盟。而放任型政府(MG),更强调地方政府的无为而治,虽然充分尊重了市场规律,但也容易受开发商左右,导致跳跃式开发甚至蔓延趋势明显,UGB的管制效果最差。第三,相比传统划定UGB的方法^[7-11],ABM

模型可很好地将刚性生态约束和弹性增长需要相结合,采用反规划的方法将生态本底作为刚性约束层,再用ABM模型确定城市增长可能到达的边界,并通过修正得到最终的规划方案边界。

本文研究结果对UGB的政策制定有一定参考价值。相比传统的绿带政策、三线四区等城市发展管控制度,UGB更加灵活、富有弹性以及更强的操作性。首先,刚性UGB的划定在思维上由空间增长“需求决定供给”的正向规划转变到生态安全格局前提下不突破城市发展生态底线的

逆向规划。其次,弹性UGB的划定综合地考虑了城市发展中的自然、人文、社会、经济等因素,在探索城市空间增长阶段特征和内在规律的前提下,结合自主行为个体、开发时序等因素,更真实地模拟了城市发展的演变过程。最后,UGB能起到了“多规合一”的城市管控政策效用。以往的绿带政策、三线四区、禁止建设区等是由规划、国土等不同部门为不同目的制定的空间管制政策,在实施过程中存在要求不统一、管制空间不一致等问题,导致效用低下,而UGB可综合考虑保护耕地、保护自然生态、优化空间资源配置、引导城市可持续性发展等多因素,并可通过人大立法来保证其效力与地位,规范UGB的调整、管理、监督等程序^[19]。

然而,需要指出的是,本文是一种探索性的研究,还存在一些不足。例如,本文并未构建单独的人口与用地规模预测的模块,为简化研究起见,采用了传统的城市增长规模预测方法;为便于模型的运行,ABM设定简化和抽象了地方政府的风险偏好及复杂决策过程;本文采用了直接的数量对比分析来评估多方案优劣,未来还需要建立空间维度的规划方案评估方法。

参考文献:

- [1]Porter D R. Managing Growth in America's Communities [M]. St. Louis: Island Press, 2007.
- [2]Bady S. Urban growth boundary found lacking professional builder [J]. Newton Mass, 1993(13): 14-15.
- [3]张润朋,周春山. 美国城市增长边界研究进展与述评[J]. 规划师, 2010(11): 89-96.
- [4]韩昊英. 城市增长边界的理论与应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 139.
- [5]Cho S, Chen Z, Yen S T, et al. Estimating effects of an urban growth boundary on

land development[J]. Journal of Agricultural and Applied Economics, 2006, 38(2): 287.

- [6]王颖. 苏州城市增长边界(UGB)初步研究[D]. 北京:清华大学, 2013.
- [7]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.
- [8]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(11): 40-44.
- [9]沙鸥. 山地城市增长边界划定研究:以湘西自治州花垣县城为例[J]. 规划师, 2012, 27(C00): 23-28.
- [10]黄明华,寇聪慧,屈雯. 寻求“刚性”与“弹性”的结合:对城市增长边界的思考[J]. 规划师, 2012, 28(3): 12-15.
- [11]李咏华. 基于GIA设定城市增长边界的模型研究[D]. 杭州:浙江大学, 2011.
- [12]李咏华. 城市增长边界设定的路径·技术·方法[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2014: 245.
- [13]张鸿辉,曾永年. 智能城市土地利用空间模拟[M]. 北京:科学出版社, 2014: 180.
- [14]黎夏,刘小平,李少英. 智能式GIS与空间优化[M]. 北京:科学出版社, 2010: 275.
- [15]黎夏,叶嘉安,刘小平,等. 地理模拟系统:元胞自动机与多智能体[M]. 北京:科学出版社, 2007: 312.
- [16]张鸿辉. 多智能体城市规划空间决策模型及其应用研究[D]. 长沙:中南大学, 2011.
- [17]Brown D G, Page S, Riolo R, et al. Path dependence and the validation of agent-based spatial models of land use [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2005(19): 153-174.
- [18]Torrens P M. Cellular Automata and Multi-agent Systems as Planning Support Tools [A] //Planning Support Systems in Practice[M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2003: 205-222.
- [19]张勤,华芳,王沈玉. 杭州城市开

发边界划定与实施研究[J]. 城市规划学刊, 2016(1): 28-36.

- [20]汪锐良. 基于ABM的城市扩张、耕地保护与湿地流失的模拟研究:以杭州市萧山区为例[D]. 杭州:浙江大学, 2013.
- [21]季民河, Michael Monticino, Miguel Acevedo. 基于多代理模型的城市土地利用博弈模拟[J]. 地理研究, 2009, 28(1): 85-96.