

张韶月, 刘小平, 闫士忠, 战强, 刘彤起. 2019. 基于“双评价”与 FLUS-UGB 的城镇开发边界划定——以长春市为例. 热带地理, 39(3): 377-386.

Zhang Shaoyue, Liu Xiaoping, Yan Shizhong, Zhan Qiang and Liu Tongqi. 2019. Delimitation of Urban Development Boundaries Using Two Basic Evaluations and FLUS-UGB: A Case Study of Changchun. *Tropical Geography*, 39(3): 377-386.

基于“双评价”与 FLUS-UGB 的 城镇开发边界划定——以长春市为例

张韶月¹, 刘小平², 闫士忠¹, 战强¹, 刘彤起¹

(1. 长春市城乡规划设计研究院, 长春 130022; 2. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275)

摘要: 运用系统性思维, 在综合考虑国土空间全要素、协调空间规划各阶段的前提下, 结合资源环境承载力评价、国土空间开发适宜性评价(“双评价”)与 FLUS-UGB 模型, 提出了城镇开发边界划定的系统流程, 包括基于“双评价”识别本底特征、基于功能遴选划分功能适宜区和基于 FLUS-UGB 模型划定边界 3 个步骤。以长春市为例, 基于 2010—2015 年土地利用数据进行模型模拟与精度验证, 总体精度为 0.922 3, Kappa 系数为 0.844 6, 表明模型具有较高精度, 进而模拟了 2035 年长春市城镇发展形态, 划定了城镇开发边界, 并制定了切实有效的管控手段。这套划定方法以科学评价识别前端本底, 以协同共生整合中端功能, 以有机生长优化末端布局, 为长春市国土空间开发与保护格局的确立迈出了稳健的一步。

关键词: 城镇开发边界; 资源环境承载力评价; 国土空间开发适宜性评价; FLUS-UGB; 长春

中图分类号: TU984.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-5221(2019)03-0377-10

DOI: 10.13284/j.cnki.rddl.003136

党的十八大以来, 生态文明建设被提到前所未有的战略高度。随后, 国务院机构改革方案提出了组建自然资源部和生态环境部, 其中自然资源部统一行使全民所有自然资源资产所有者职责, 实现“山水林田湖草”整体保护、系统修复和综合治理。在此背景下, 有必要对生态保护、农业生产和城镇建设三类功能导向下的国土空间开发保护格局进行系统性思考, 其中, “三线”是权衡开发与保护关系的重要工具, 特别是强调“引导+控制”的“城镇开发边界”, 不仅能够有效防止城市无序蔓延、优化城镇化布局(程永辉等, 2015), 也是确保主体功能区战略落地的必然要求, 更是全面推进生态文明建设, 统筹考虑“山水林田湖草”这一生命共同体的重要保障。

1976年, 美国的塞勒姆市划定了世界上第一条城镇开发边界, 用以解决城市与农村用地管理冲突; 1979年, 美国波特兰市划定城市增长边界, 对

控制城市蔓延具有良好的效果, 至今仍为成功的范例(程茂吉, 2012); 1990年以后, 城镇开发边界被温哥华、多伦多、墨尔本等世界多国的规划所借鉴与采用。国外关于城市增长边界划定理论和实践都已较为成熟, 2002年, 张进最早将其引入中国(张进, 2002), 香港、重庆、北京、成都等城市率先开展尝试工作。2006年, 《城市规划编制办法》颁布, 首次提出了“城区空间增长边界”的概念; 2013年, 《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》和中央城市工作会议等一系列重要文件和会议都强调: 科学划定城镇开发边界, 大力推进空间治理体系和能力现代化; 2014年, 城镇开发边界划定的试点工作在14个城市相继开展; 2015年, 城镇开发边界划定工作由14个试点城市扩展到全国600个城市(匡晓明等, 2016); 并且, 随着多规合一、空间规划等试点的开展, 以城镇开发边界作为空间管理控制线用于完善国家空间治理体系得到进一步的

收稿日期: 2019-01-07; 修回日期: 2019-03-22

作者简介: 张韶月(1991—), 女, 回族, 河南商丘人, 工程师, 硕士研究生, 主要从事数据分析与地理模拟工作, (E-mail) shaoyuezhang19@163.com; 通信作者: 刘小平(1978—), 男, 湖南邵阳人, 博士, 教授, 主要从事地理模拟、空间智能及优化决策等工作, (E-mail) liuxp3@mail.sysu.edu.cn.

深入研究。长春市借助此次契机对城镇开发边界划定的思想理念、技术方法和管理体系进行探讨,并形成了城镇开发边界的初步方案。

我国区域化差异较大,各地市发展水平不一,使得城镇开发边界的划定在现实需求和技术方法等方面各有不同。按照发展理念主要可分为反向思维的生态导向类、正向思维的用地扩展类和正反双向的综合类。1)生态优先导向类,是以保护城市周边各种重要资源环境为出发点,划定“限制和控制类要素”,而“倒逼”出“城镇开发边界”(张兵等,2014)。如祝仲文等(2009)采用土地生态适宜性评价的方法,确定防城港市中心城区建设用地增长边界;周锐等(2014)利用生态安全格局法,构建了不同安全水平下的城镇增长刚性、弹性边界;张勤(2017)依法依规梳理出的18个空间管制要素,将“限建区”“禁建区”的边界确定为杭州市城市开发边界。该类方法不仅确定应该保护和需要保护的边界,还试图构建城市持续发展的安全格局,适合于深圳、上海和厦门等发展趋于饱和、各类保护边界线已经明确的城市,旨在界定城市发展的终极蓝图。2)建设用地扩展导向类,是以建设用地为着眼点,根据人口规模、开发成本等推算城市扩张预期土地规模,模拟出扩张的界线。其中,元胞自动机模型(黎夏等,2007;Li et al.,2017a;Liu et al.,2018)、多智能体模型(刘小平等,2006)、人工神经网络模型(Li et al.,2001;井长青等,2010)等都被广泛运用。如龙瀛等(2009)利用约束性元胞自动机模型,制定了北京中心城、新城和乡镇3个层次的城市增长边界;付玲等(2016)利用BP人工神经网络方法预测了北京市2020年城市增长边界。该类方法约束条件较多,需要兼顾城市发展阶段性特征与发展的不确定性,因此模型构建和变量选取在该类方法中起关键作用,适合于沈阳、郑州等处于快速发展阶段、有较大用地需求的城市,侧重于引导城市在规划期内的开发建设,起阶段性约束作用(殷会良等,2017)。3)综合类,是在保证资源环境要素保护的基础上,结合未来城市拓展趋势,划定混合型边界,如贵阳在划定时兼顾了生态控制线与城市发展规模预测(殷会良等,2017)。该类方法生态环境保护与城市切实发展并重,对城市实现有序引导。目前大多数城市都是既面临迫切的发展需求,又肩负保护生态环境的重要使命,因此综合类体现出了明显的优势。

综上,当前研究大多聚焦于城镇要素本身,或

是将生态、农业等各要素与城镇开发边界进行协同,即“从多到一”进行研究,与空间规划其他环节略显剥离,在前期技术与后期管理等方面存在诸多待协调问题。“十八大”以后,中国已进入逐步用系统解决问题方案的思维认知,并逐步付诸实践的治理阶段(樊杰,2017)。空间事权的结构性重组更是体现了系统性思维的思路,因此,城镇开发边界的划定研究应从自身视角、部分角度向全要素视角、整体视角转变,尊重自然资源本底、近远期规划和用地供需等发展诉求,在一定规划期内适应城镇发展的区域即城镇空间内部,确定规划期内的管控边界。鉴于此,本研究拟以长春市为例,建立基于资源环境承载能力评价和国土空间开发适宜性评价(以下简称“双评价”)与用地模拟的城镇开发边界划定方法,通过基础评价识别资源本底、通过功能协同遴选城镇空间、通过系统模拟确定边界,层层递进地划定长春2035年城镇开发边界,以为构建契合长春实际发展诉求的空间治理格局提供技术支撑。

1 研究区概况与数据处理

1.1 研究区概况

长春是吉林省省会、副省级市、东北亚经济圈中心城市,居于中国东北地理中心,分别与吉林省松原市、四平市、吉林市和黑龙江省哈尔滨市接壤。在东北振兴背景下,近年来长春市经济取得了一定程度的发展,在各级开发区和内外主要交通廊道等带动下,以近域推进和边缘区扩张模式为主的建设用地空间拓展速度不断加快,城市空间形态演化表现为明显的“摊大饼”式外延,土地仍是经济发展的主要驱动力(黄晓军等,2009)。作为国家“十三五”规划四大板块中东北板块的核心腹地,国家“一带一路”倡议、新一轮“东北振兴战略”和“哈长城市群”规划等,都对长春市发展提出了新的要求,因此长春具有巨大的空间拓展需求与潜力。同时,长春是国家重要的粮食主产区和商品粮基地,区域内有着良好的生态环境基础。因此,长春市城镇开发边界划定同时肩负经济发展、粮食安全和生态保护三重压力。

1.2 数据处理

“双评价”部分,遵循国家《主体功能区规划》中提出的根据资源环境承载能力和自然条件适宜性开发的理念,围绕水资源、土地资源、生态、环境和灾害等五方面自然本底条件,以及人口集聚、

城镇建设、经济发展、交通优势和能源保障等五方面经济社会发展基础条件，从中选取35项指标，通过向市县各级政府部门发函调研等方式开展数据收集工作。为保证数据处理精度和一致性，坐标系均统一至CGCS2000国家大地坐标系，优先使用矢量数据进行分项评价，或以2 m × 2 m栅格为基本单元进行评价，保持一致行列数。

城镇开发边界部分，全面考虑城镇发展变化的关键驱动要素，收集包含自然环境数据（高程、坡度等）、社会经济统计数据（人口、经济、社会、产业等）、基础设施（交通站点、交通线路等）、规划约束（国家森林公园、水源保护地等）、政策驱动（重点开发区、重要产业区块等）。所有数据坐标系统一至CGCS2000国家大地坐标系，并统一重采样到30 m × 30 m空间分辨率，保持一致行列数。若因行政区划调整等原因造成历史系列数据统计范围不一致，则对历史数据进行范围校核统一。若有社会经济统计数据缺失，则采用线性插补等方法进行数据补偿。

2 研究方法

按照传承与变革相结合的思路，从当前国土空间规划改革的背景出发，继承多规合一、空间规划中的划定方法，结合新时期系统治理、全域管控的要求，构建“双评价”识本底、三类空间定结构、开发边界定布局环环相扣的城镇开发边界划定方法。技术路线如图1所示。

2.1 “双评价”

2017年1月，中共中央办公厅、国务院办公厅发布了《省级空间规划试点方案》，明确空间规划需要开展“双评价”，“开展陆海全覆盖的资源环境承载力基础评价和针对不同主体功能定位的差异化专项评价”。为全面摸清长春市国土空间自然本底情况，统筹考虑“山水林田湖草”等要素，开展覆盖全域的资源环境承载力评价与国土空间开发适宜性评价，通过层次

分析法进行因子加权叠置分析，确定生态、农业、城镇三类功能的适宜性分布。

2.2 三类空间遴选

从坚持生态保护优先、贯彻主体功能定位以及预留未来发展空间的基本理念出发，基于三类功能适宜性进行功能遴选，集成得到三类功能适宜区，即三类空间初划结果，然后由市级主管部门向各县（市）区下达三类空间比例指标，进行初步方案校核，经市与县（市）区反复协调确认后，由市级主管部门最终认定县（市）区三类空间划定成果。

2.3 城镇开发边界划定

在城镇空间内部，采用FLUS-UGB模型为主要架构进行城镇开发边界划定，FLUS-UGB主要由FLUS和UGB两部分组成（吴昕昕等，2018；Liang et al., 2018）。未来用地模拟FLUS模型已被证明能有效模拟复杂土地利用变化，且较传统模型有更高模拟精度（Liu et al., 2017；Li et al., 2017b），包含系统动力学模块与改进的元胞自动机模块，其中系统动力学模型用于预测用地规模，改进的元胞自动机模型用以模拟城镇用地动态演变，与传统元胞自动机模型相比较，新增了人工神经网络模型、随机种子机制等部分，优化了对真实用地扩展机制的模

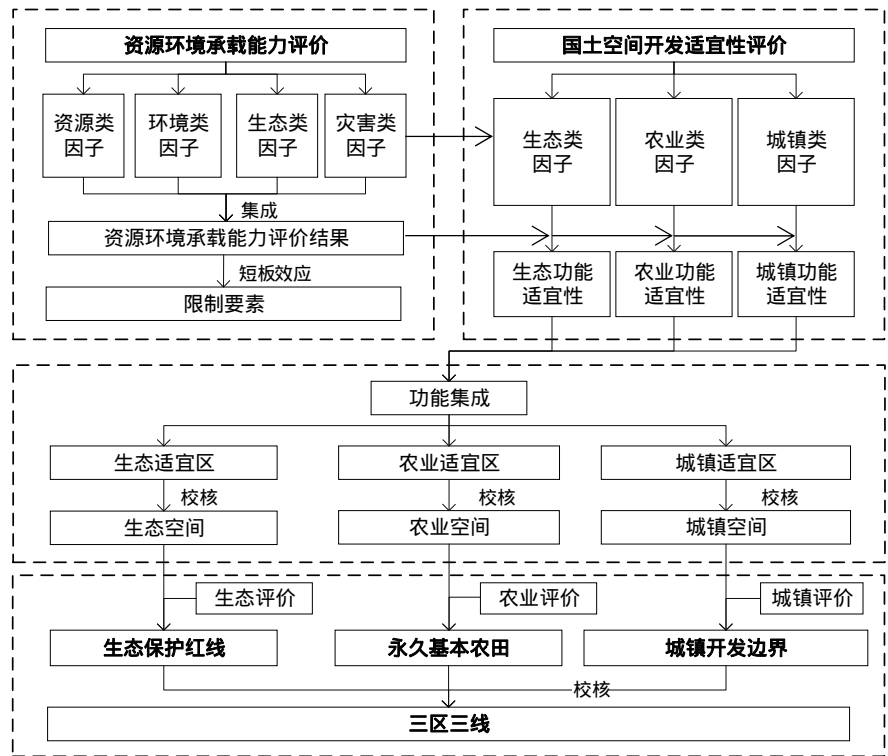


图1 城镇开发边界划定技术路线

Fig.1 Technical route for the delimitation of urban development boundary

拟,可更有效地模拟城镇用地的实际演变历程(张韶月等,2018)。而UGB模型利用形态学腐蚀、膨胀方法,进行边缘平滑与内部填充,完成边界提取工作(戴青云等,2001)。为进一步提高模型的适用性及灵活性,在FLUS-UGB模型的基础上,针对规模测算、因子遴选和边界修正部分,分别通过合理配置人地关系、智能遴选驱动因子和兼顾融合管理诉求等方式加以优化,主要模型结构如图2所示。

3 长春市城镇开发边界划定

3.1 “双评价”测算

“双评价”能够较为系统全面地摸清国土空间本底,有效识别资源环境短板,不仅能够合理确定基于城镇、农业和生态三类功能的开发保护基础格局,更是后续合理确定3条空间线、精细塑造理想空间格局的坚实基础。其评价流程主要遵循以下步骤:

3.1.1 统筹各类基础数据调查 作为空间规划编制工作的根本支撑,一套客观、全面和统一的自然资源底数底图是“双评价”和三线划定的前提条件。比对土地变更调查、林地变更调查和地理国情普查等自然资源基础调查数据,多个部门协同,分析现状用地差异,明晰差异类型,基于共商处理原则,建立长春市空间规划用地分类体系,明确现状用地唯一属性,最终摸清长春国土空间资源家底,形成一套底数清晰的数字化现状工作底图。

3.1.2 资源环境承载能力评价 资源环境承载能力评价是对自然资源和生态环境本底条件的综合评价,针对长春市实际条件,因地制宜地从资源、环境、生态、灾害四方面遴选指标(图3),进行单项评价与集成评价,评价的基础是资源最大开发阈值、环境容量和生态服务功能等(樊杰等,2017)。最后通过集成结果,刻画出长春市承载能

力的空间分布格局,并利用“短板分析”原理,甄别对资源环境承载能力制约最强烈的要素,从而分析区域资源环境发展的压力来源与限制类型,落实从评价到规划再到整治的闭环。

3.1.3 国土空间开发适宜性评价 不同的国土空间,其功能不同、适宜需求相异,因此开展国土空间开发适宜性评价,必须根据不同主体功能分别开展,即从生态、农业、城镇三类功能的发展需求出发,各自遴选适宜指标(图4),对开发保护活动

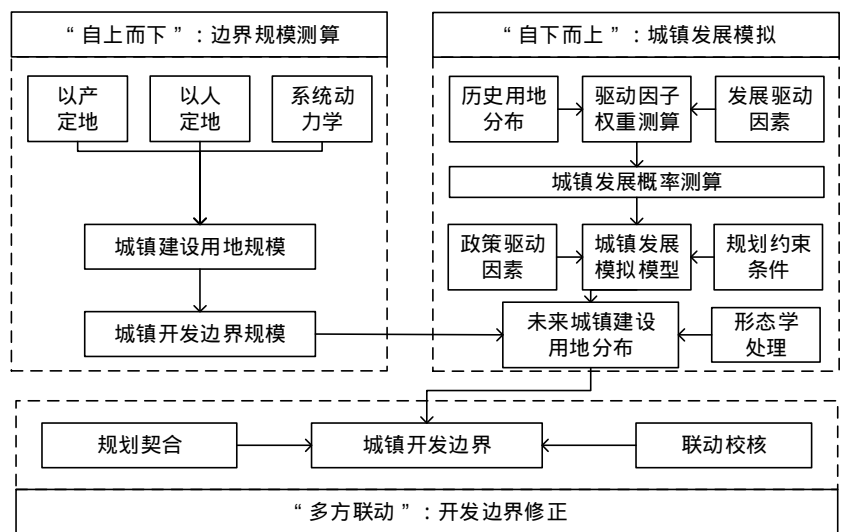


图2 城镇开发边界划定模型结构

Fig.2 Structure of urban development boundary delimitation model

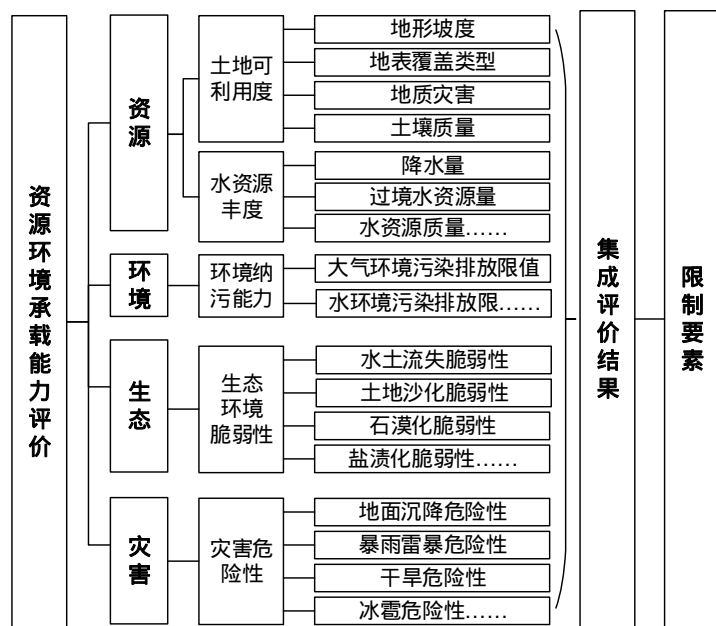


图3 资源环境承载能力评价指标体系

Fig.3 Indicator system of the resource and environment carrying capacity evaluation

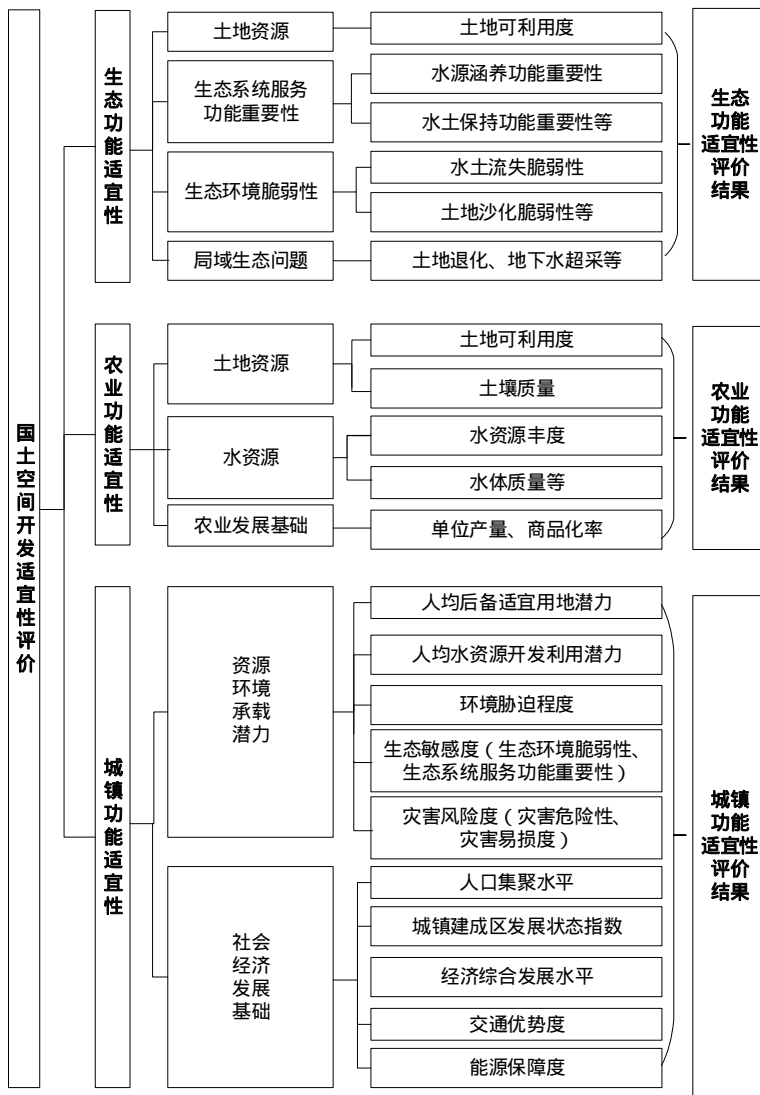


图 4 国土空间开发适宜性评价指标体系

Fig.4 Indicator system of the space development suitability evaluation

的适宜程度进行综合打分。

综合土地资源与生态敏感度等指标的评价等级判别国土空间生态功能适宜性；以土地资源、水资源等指标的评价等级判别国土空间农业功能适宜性；通过资源环境承载潜力和社会经济发展基础的评价等级判别国土空间城镇功能适宜性。利用资源环境承载能力评价的单指标与集成结果对适宜性等级进行修正，针对承载力差或较差的区域进行适宜性降等，得到最终的功能适宜性，确定各类功能适宜性综合等级。

3.2 三类空间遴选

3.2.1 功能遴选 依据三类功能适宜性结果等级，遴选最适宜功能类型，确定三类空间初划结果：对

于仅有一项功能为高适宜等级的区域，直接划入该类型功能空间；对于有多项高适宜等级功能的区域，按照生态优先、粮食安全和城镇发展的优先级顺序确定功能；对于有且仅有一项中适宜等级功能的区域，直接划入该类型功能空间；对于有多项中适宜等级功能的区域，参照长春市主体功能区规划，选择与主体功能区对应的功能类型；对于三类功能均为低适宜等级的区域，划入生态功能区域，便于进行下一步的整治修复工作。原则上要求初划的三类空间在空间上无重叠、功能上无交叉。

3.2.2 方案划定 三类空间的划定是逐级传导落实的过程，根据三类空间初划方案，由市级主管部门向各县（市）区下达三类空间指标、比例与空间边界，原则上指标可在初划结果基础上，上下浮动3%~8%，并确保各空间无缝衔接，且不重叠。县（市）区基于市级下达的指标，可采用大比例尺地理信息数据对市级三类空间初划结果进行精细化处理。对评价过程中产生的细碎图斑，可参照客观地表覆盖或遥感影像进行复合处理。县（市）区依据自身主体功能定位，对三类空间进行反复校验与修正，主要包括以下2个方面：一是对市级三类空间初划结果中空间类型不明确区域进行校验，各县（市）区可根据其所处地表环境情况和地方发展诉求等因素，调整并确定其空间类型，特别要强调性能与功能相匹配，质量与数量均侧重的系统性思维，尽量避免空间功能与实际功能不符的情况出现；二是对三类空间内地块归属、界线合理性以及与邻近区域功能衔接等方面进行校验与确认，兼顾合法性与合理性，最终确定本县（市）区三类空间边界及比例。经市与县（市）区反复协调确认后，由县（市）区级主管部门最终认定县（市）区三类空间划定成果，包含空间界线与指标比例。

3.3 城镇开发边界划定 三类空间确定了功能布局的总结构，在城镇空间内划定城镇开发边界，进行分级管控与强度管控。城镇开发边界在划定时既应圈定各类保护资源范围，约束城市肆意占地，也应正向预测城市增长

3.3 城镇开发边界划定

三类空间确定了功能布局的总结构，在城镇空间内划定城镇开发边界，进行分级管控与强度管控。城镇开发边界在划定时既应圈定各类保护资源范围，约束城市肆意占地，也应正向预测城市增长

态势，合理引导城市未来发展。

3.3.1 边界规模测算 长春市开发边界的划定，采取“以人定地”“以产定地”和FLUS-UGB模型“系统动力学”模块相结合的方法进行规模的测算。在充分研究地方人口增长情况和产业发展特征，深入分析用地结构及历年增长变化情况的基础上，共同确定未来城市建设用地规模。再综合考虑区域城镇化、工业化进程特点和区域土地的供给潜力，合理确定规划期末建设用地的规模。

同时，考虑到未来城镇发展建设的不确定性，结合建设用地空间发展特点，为城镇建设预留合理的弹性空间，最终确定城镇开发边界规模。

3.3.2 城镇发展模拟

1) 基于随机森林的驱动因子筛选

城市作为一个复杂系统，其形态演变是在长期历史演化过程中，受自然条件、经济社会等多种因素综合驱动作用逐渐形成的。正确遴选未来城镇发展驱动因子，并综合考虑多种因素之间的优化目标组合，是进行城镇发展模拟的基础前提和必要条件。

随机森林算法是一种强大的多决策分类树，可以处理成千上万的输入变量，并确定变量重要程度(张大川等,2016)。本研究在R语言中调用CRAN收录的RRF包构建随机森林模型，对各个因子的样本与城镇分布样本进行迭代训练，分类精度达到98.8%。测算结果(图5)显示：以到高校距离、到各级政府距离为代表的经济社会类因素对长春市城镇形态的发展变化影响最突出，占总权重的52%；综合交通类因素是推动形态发展的第二大影响因素，特别是近年来快速路的建设起到很大的引导

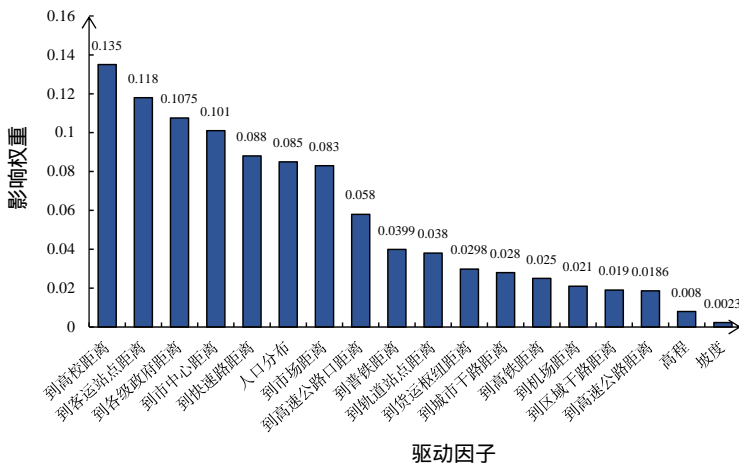


图5 长春市城镇发展驱动因子影响力排序

Fig.5 Influence order of urban development driving factors of Changchun

作用；自然条件因素对长春市城镇形态的发展变化影响较弱。

2) 基于神经网络的发展概率测算

基于遴选出的驱动因素与历史城镇用地分布两类数据，利用FLUS-UGB模型的神经网络模型模块，自动挖掘两类要素之间的映射关系，即学习驱动因子对城市发展的作用机制与历史规律。然后利用规划数据更新相应的历史驱动因子，嵌入神经网络计算，生成规划条件影响下的未来城镇发展概率分布(图6)。

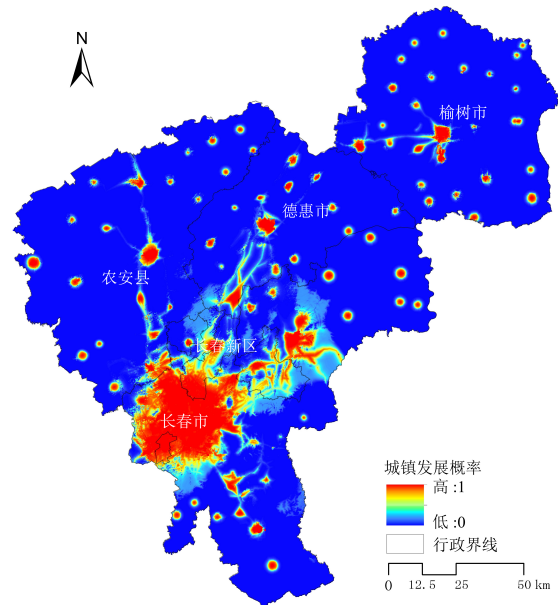


图6 长春市城镇发展概率分布

Fig.6 Spatial distribution of urban developmental probability of Changchun

可以看出，在长德(长春—德惠)一线、长农(长春—农安)一线均形成了较为明显的发展轴带，与规划中城市区域的未来空间发展轴带吻合度较高，这也直观印证了神经网络模型能够对未来城镇的空间拓展趋势进行预测。

3) 基于元胞自动机的用地模拟

基于FLUS-UGB的元胞自动机模块，以长春市2010年土地利用现状作为模拟初始状态，以城镇用地发展概率为转换概率，对2015年长春市建设用地分布进行动态模拟。并利用轮盘赌机制、自适应惯性机制等优化措施，使模型更能反映城市系统的复杂性与随机性。通过对比模拟结果与2015年真实建设用地情况(图7)，可知模拟结果与真实情况基本一致，总体精

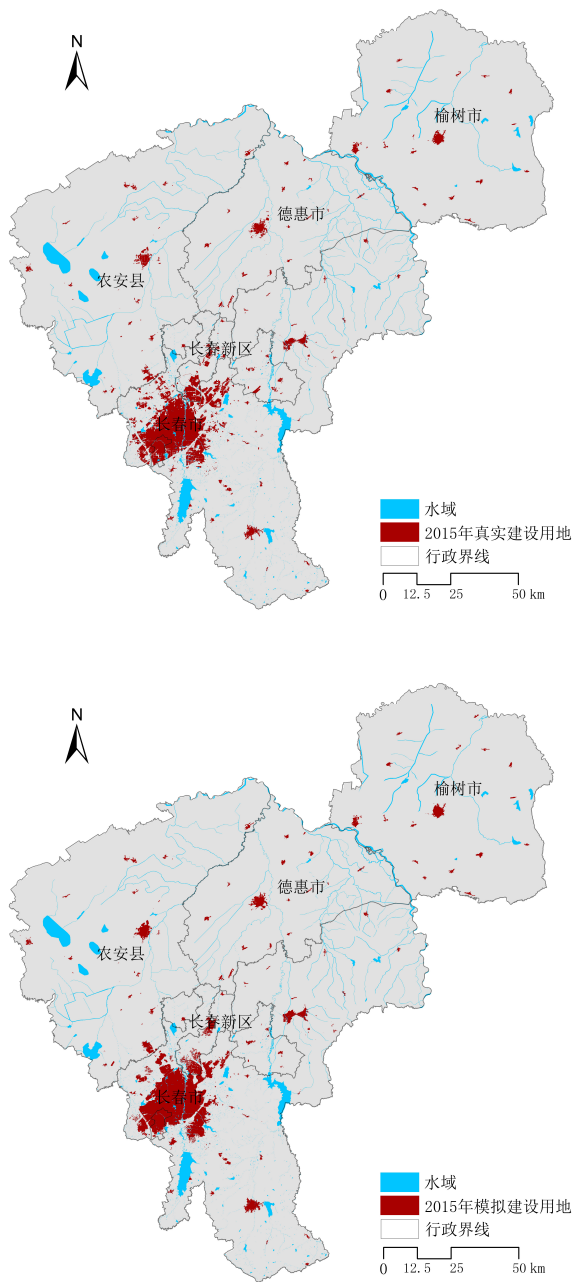


图7 长春市 2015 年真实、模拟城镇建设用')
 Fig.7 Real and simulated urban construction land distribution of Changchun in 2015

度为0.922 3, Kappa系数为0.844 6, 说明长春市城镇发展模拟模型具有较高的可信度, 即模型可以较好地反映城镇发展规律, 可用于预测无干预条件下的未来城镇形态。

城镇开发边界是针对特定规划期的政策管控边界, 要在考虑城镇自然增长的基础上, 兼顾政策引导与规划控制。划定2035年城镇开发边界时, 首先要基于长春市城镇发展模拟模型, 以预测的长春

市2035年城镇开发边界规模为终止条件, 实现对城镇惯性扩张的模拟。然后, 按照导向和控制2个维度, 耦合政策、规划因素, 提高城镇开发边界划定的有效性和适用性。其中, 政策导向类是国家及地方政府对城市空间发展所作出的战略方针的政策引导, 针对长春市而言, 国家层面主要包括新一轮东北振兴战略、长吉图战略和国家级新区——长春新区的成立; 地方层面主要包括战略导向政策中的哈长城市群、长吉一体化、长春经济圈等。规划控制类政策主要是对战略政策的进一步落实, 主要包括长春市空间发展战略规划、长春新区总体规划、各分区战略规划以及综合交通和基础设施等专项规划的主要内容以及相关控制约束要素。通过分区随机种子机制局部修正城镇发展概率, 保证政策、规划等宏观调控对城镇拓展趋势的有效契合, 更为合理地生成长春市2035年的建设用地分布, 即城镇开发边界的初划方案。

4) 基于腐蚀膨胀的边界划定

城镇发展模拟结果通常因为形态破碎而不能直接作为城镇开发边界的成果, 尤其是在地形复杂或者发展快速的地区。之前的研究往往基于人工手动纠正, 这会造成划定结果融入不必要的主观因素, 而本研究基于FLUS-UGB的边界修复模块, 采用形态学开、闭运算的方法, 对城镇建设用地分布进行优化完善, 在不改变地块面积的前提下, 起到平滑边界的作用。

3.3.3 开发边界修正 城镇开发边界作为空间管理的技术工具和政策抓手, 在定量模拟与科学预测的基础上, 更重要的是衔接既有规划与地方实际诉求, 应通过划定过程的上下协调以及后续的动态调整, 对成果进行校核修正。

首先, 全面兼顾现行空间规划, 统筹规划中的控制要素。从管理的实际诉求出发, 规避环保、林业和文物等部门严格管控的地域边界, 并以规划道路、行政界线等要素作为参照物, 提升与既有空间规划的衔接, 使成果更契合空间管理诉求, 确保城镇开发边界落地可实施。另外, 应充分兼顾地方发展诉求, 建立起上下协同、多级联动的校核机制, 通过初划成果在县(市)区相关部门的校核反馈, 确保城镇开发边界管理更高效。即城镇开发边界划定的技术支撑背后, 政策属性更为关键, 必须在多事权部门、多利益主体、多技术主体的共同协调下, 方可最终确定, 长春市城镇开发边界便是基于协调后的最终结果(图8)。

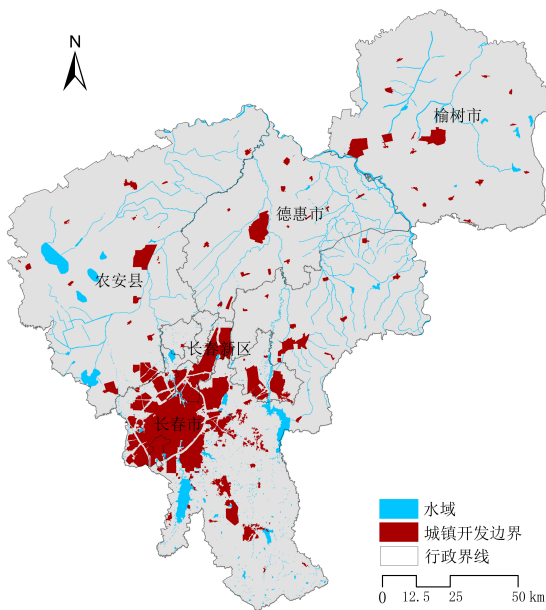


图8 长春市 2035 年城镇开发边界

Fig.8 Urban development boundary of Changchun in 2035

4 城镇开发边界的管控措施

4.1 建立城乡建设用地增减挂钩机制

城镇开发边界内建设用地增加要与农村建设用地的减少结合起来。按照统筹城乡建设的要求,引导和规范农村闲置宅基地合理流转,整合农村建设用地,改善农村生产生活条件,提高农民居住环境质量。根据用地指标、需求和经济承载能力,逐步将农村建设用地置换为城镇建设用地,农村居民点总量保持在一定规模以内。

4.2 提高存量土地利用效率

优先利用现有低效建设用地、闲置地和废弃地(陈常优等,2009)。加强对各类开发区、主城区外围组团用地管控,逐步清退与主导功能不匹配、用地效率过低的相关产业,对未达到地均产出标准的相关用地进行整理。对经营主体已经破产或长期停产的相关产业用地进行整理,在符合法律法规和规划的前提下,转换用地类型和方式,合理利用老旧厂房和设施等存量资源。积极推进废弃工矿地的复垦治理,促进区域可持续发展。

4.3 强化增量用地指标管控

新增用地必须符合国家相关法律法规和标准规范,符合三线管控要求,符合规划确定的主导功能和利用方式。在主城区内,按 $105\text{ m}^2/\text{人}$ 的城镇建设用地标准安排新增城镇人口;在外围县区,按 $110\text{ m}^2/\text{人}$ 的城镇建设用地标准安排新增城镇人口。

5 结论

城镇开发边界是城镇功能之下管控土地利用与空间拓展的刚性底线,对于倒逼城市转型、提升城市治理水平和治理能力都具有重要意义。本研究以长春市为例,综合“双评价”与FLUS-UGB模型,建立了“双评价”—城镇空间—城镇开发边界的划定框架,强调在资源环境承载能力的限值内持续开发,在国土空间开发适宜性的指向下优质发展,不仅严守区域生态安全与粮食安全底线,同时尊重城镇发展规律与多方诉求,并形成了切实可行的管控手段。

本文提出的城镇开发边界划定方法较好地处理了开发与保护的关系,是一套从本底值到适宜值到管控值的完整方法体系,可为实现构建长春市理想国土空间格局提供技术支撑,也可为我国其他城市城镇开发边界划定提供参考。但本研究在“双评价”分析方法、城镇发展驱动因子遴选等方面依然存在局限性。因此,在后续研究中可以进行优化完善,引入更为客观的评价计算模型,增加具有地方环境特征、符合地方发展诉求的因子种类,并提高数据质量,从而提升模型精确度与适用性。

参考文献 (References) :

- 陈常优,毋晓蕾,李汉敏.2009.基于节约集约用地理念的土地利用规划研究.中国国土资源经济,22(4):36-38,48.[Chen Changyou, Wu Xiaolei and Li Hanmin.2009.Study on Land-use Planning be Based on the Concept of Conservation and Intensive Land Use. *Natural Resource Economics of China*, 22 (4): 36-38, 48.]
- 程茂吉.2012.基于精明增长视角的南京城市增长评价及优化研究.南京:南京师范大学.[Cheng Maoji.2012.The Study on the Evaluation and Optimization of Nanjing Urban Growth under the Perspective of Smart Growth. Nanjing: Nanjing Normal University.]
- 程永辉,刘科伟,赵丹,程德强.2015.“多规合一”下城市开发边界划定的若干问题探讨.城市发展研究,22(7):9.[Cheng Yonghui, Liu Kewei, Zhao Dan and Cheng Deqiang.2015.The Discussion of Questions Regarding Delimitation of Urban Development Boundary Based on Multiple Plans Integration. *Urban Development*, 22 (7): 9.]
- 戴青云,余英林.2001.数学形态学在图象处理中的应用进展.控制理论与应用,18(4):478-482.[Dai Qingyun and Yu Yinglin.2001.The Advances of Mathematical Morphology in Image Processing. *Control Theory and Application*, 18 (4): 478-482.]
- 樊杰,周侃,王亚飞.2017.全国资源环境承载力预警(2016版)的基点和技术方法进展.地理科学进展,36(3):266-276.[Fan Jie, Zhou Kan and Wang Yafei.2017.Basic Points and Progress in Technical Methods of Early-warning of the National Resource and Environmental Carrying Capacity. *Progress in Geography*, 36 (3):

- 266-276.]
- 樊杰 . 2017 . 我国空间治理体系现代化在“十九大”后的新态势. 中科院院刊, 32(4): 396-404. [Fan Jie. 2017. Perspective of China's Spatial Governance System after 19th CPC National Congress. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 32 (4): 396-404.]
- 付玲, 胡业翠, 郑新奇 . 2016 . 基于BP神经网络的城市增长边界预测——以北京市为例. 中国土地科学, 30(2): 22-30. [Fu Ling, Hu Yecui and Zheng Xinqi. 2016. The Prediction of Urban Growth Boundary Based on BP Artificial Neural Networks: an Application to Beijing. *China Land Science*, 30 (2): 22-30.]
- 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. [Huang Xiaojun, Li Chenggu and Huang Xin. 2009. The Mechanism and Regulation Pathway of Urban Sprawl of Changchun. *Progress in Geography*, 28 (1): 76-84.]
- 井长青, 张永福, 杨晓东 . 2010 . 耦合神经网络与元胞自动机的城市土地利用动态演化模型. 干旱区研究, 27(6): 854-860. [Jing Changqing, Zhang Yongfu and Yang Xiaodong. 2010. Approach of Dynamic Evolution Model of Urban Land Use Based on the Integration of ANN and CA. *Arid Zone Research*, 27 (6): 854-860.]
- 匡晓明, 魏本胜, 王路 . 2016 . 规模与生态增长并举的城市开发边界划定——以东湖国家自主创新示范区为例. 规划师, 32(6): 10-15. [Kuang Xiaoming, Wei Bensheng and Wang Lu. 2016. Urban Development Boundary Delimitation for Both Scale and Ecology Growth: East Lake Innovation Model District Case. *Planners*, 32 (6): 10-15.]
- 黎夏, 刘小平 . 2007 . 基于案例推理的元胞自动机及大区域城市演变模拟. 地理学报, 62(10): 1097-1109. [Li Xia and Liu Xiaoping . 2007. Case-based Cellular Automaton for Simulating Urban Development in a Large Complex Region. *Acta Geographica Sinica*, 62 (10): 1097-1109.]
- Li Xia and Gar-On Yeh Anthony. 2001. Calibration of Cellular Automata by Using Neural Networks for the Simulation of Complex Urban Systems. *Environment & Planning A*, 33 (8): 1445-1462.
- Li Xia, Chen Yimin, Liu Xiaoping, Xu Xiaocong and Chen Guangliang. 2017a. Experiences and Issues of Using Cellular Automata for Assisting Urban and Regional Planning in China. *International Journal of Geographical Information Science*, 31 (8): 1606-1629.
- Li Xia, Chen Guangzhao, Liu Xiaoping, Liang Xun, Wang Shaojian, Chen Yimin, Pei Fengsong and Xu Xiaocong. 2017b. A New Global Land-use and Land-cover Change Product at a 1-km Resolution for 2010 to 2100 Based on Human-environment Interactions. *Annals of the American Association of Geographers*, 107 (5): 1040-1059.
- Liang Xun, Liu Xiaoping, Li Xia, Chen Yimin, Tian He and Yao Yao. 2018. Delineating Multi-scenario Urban Growth Boundaries with a CA-based FLUS Model and Morphological Method. *Landscape and Urban Planning*, 177: 47-63.
- Liu Xiaoping, Liang Xun, Li Xia, Xu Xiaocong, Ou Jinpei, Chen Yimin, Li Shaoying, Wang Shaojian and Pei Fengsong. 2017. A Future Land Use Simulation Model (FLUS) for Simulating Multiple Land Use Scenarios by Coupling Human and Natural Effects. *Landscape and Urban Planning*, 168: 94-116.
- Liu Xiaoping, Hu Guohua, Ai Bin, Li Xia, Tian Guangjin, Chen Yimin and Li Shaoying . 2018. Simulating Urban Dynamics in China Using a Gradient Cellular Automata Model Based on S-shaped Curve Evolution Characteristics. *International Journal of Geographical Information Science*, 32 (1): 73-101.
- 刘小平, 黎夏, 艾彬, 陶海燕, 伍少坤, 刘涛 . 2006 . 基于多智能体的土地利用模拟与规划模型. 地理学报, 61(10): 1101-1112. [Liu Xiaoping, Li Xia, Ai Bin, Tao Haiyan, Wu Shaokun and Liu Tao . 2006. Multi-agent Systems for Simulating and Planning Land Use Development. *Acta Geographica Sinica*, 61 (10): 1101-1112.]
- 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): 999-1008. [Long Ying, Han Haoying and Mao Qizhi. 2009. Establishing Urban Growth Boundaries Using Constrained CA. *Acta Geographica Sinica*, 64 (8): 999-1008.
- 吴欣昕, 刘小平, 梁迅, 陈广亮 . 2018 . FLUS-UGB多情景模拟的珠江三角洲城市增长边界划定. 地球信息科学学报, 20(4): 532-542. [Wu Xinxin, Liu Xiaoping, Liang Xun and Chen Guangliang. 2018. Multi-Scenarios Simulation of Urban Growth Boundaries in Pearl River Delta Based on FLUS-UGB. *Journal of Geo-information Science*, 20 (4): 532-542.]
- 殷会良, 李枫, 王玉虎, 王颖 . 2017 . 规划体制改革背景下的城市开发边界划定研究. 城市规划, (3): 10-15, 41. [Yin Huiliang, Li Feng, Wang Yuhu and Wang Ying. 2017. A Study on the Delimitation of Urban Development Boundary under the Institutional Reform of Planning System. *City Planning Review*, (3): 10-15, 41.]
- 张兵, 林永新, 刘宛, 孙建欣 . 2014 . “城市开发边界”政策与国家的空间治理. 城市规划学刊, (3): 20-27. [Zhang Bing, Lin Yongxin, Liu Wan and Sun JianXin. 2014. Debate on Urban Development Boundary: The Perspective of Spatial Governance in China. *Urban Planning Forum*, (3): 20-27.]
- 张大川, 刘小平, 姚尧, 张金宝 . 2016 . 基于随机森林CA的东莞市多类土地利用变化模拟. 地理与地理信息科学, 32(5): 29-36, 127. [Zhang Dachuan, Liu Xiaoping, Yao Yao and Zhang Jinbao. 2016. Simulating Spatiotemporal Change of Multiple Land Use Types in Dongguan by Using Random Forest Based on Cellular Automata. *Geography and Geo-Information Science*, 32 (5): 29-36, 127.]
- 张勤 . 2017 . 杭州城市开发边界划定与实施的实践探索. 城市规划, 41(3): 15-18, 75. [Zhang Qin. 2017. Practice and Exploration of the Delimitation and Implementation of the Urban Development Boundary in Hangzhou. *City Planning Review*, 41 (3): 15-18, 75.]
- 张韶月, 战强, 梁迅, 刘彤起 . 2018 . 基于FLUS-UGB的城镇开发边界划定研究——以长春市为例//中国城市规划学会, 杭州市人民政府. 共享与品质——2018中国城市规划年会论文集(05城市规划新技术应用). 杭州: 中国城市规划学会, 杭州市人民政府, 10. [Zhang Shaoyue, Zhan Qiang, Liang Xun and Liu Tongqi. 2018. Study on Demarcation of Urban Growth Boundary: a Case Study of Changchun// China Association of City Planning, Hangzhou Government. Sharing and Quality: Proceedings of China Urban Planning Annual Conference (Volume 05: Urban planning new technology application). Hangzhou: China Association of City Planning, Hangzhou Government, 10.]
- 周锐, 王新军, 苏海龙, 钱欣, 孙冰 . 2014 . 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. 城市规划学刊, (4): 57-63. [Zhou Rui, Wang Xinjun, Su Hailong, Qian Xin and Sun Bing. 2014. Delimitation of Urban Growth Boundary Based on Ecological Security Pattern. *City Planning Review*, (4): 57-63.]

祝仲文, 莫滨, 谢芙蓉. 2009. 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. 规划师, 25 (11) : 40-44. [Zhu

Zhongwen, Mo Bin and Xie Furong. 2009. Delimitation of Urban Growth Boundary Based on Land Ecological Suitability Evaluation: A case of Fangchenggang. *Planners*, 25 (11): 40-44.]

张进. 2002. 美国的城市增长管理. 国外城市规划, (2): 37-40. [Zhang Jin. 2002. Urban Growth Management in the United States. *Urban Planning Overseas*, (2): 37-40.]

Delimitation of Urban Development Boundaries Using Two Basic Evaluations and FLUS-UGB: A Case Study of Changchun

Zhang Shaoyue¹, Liu Xiaoping², Yan Shizhong¹, Zhan Qiang¹ and Liu Tongqi¹

(1. Changchun Institute of Urban Planning and Design, Changchun 130022, China; 2. School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The reform of the ecological civilization system and mechanism has provided a background upon which the “three lines” delineation acts as an important avenue for optimizing land organization and natural resource management. The urban development boundary-as the rigid bottom line for controlling town land use and expansion-is essential to the forced transformation of the city and the improvement of urban governance and governance capabilities. However, most existing methods of setting urban development boundaries emphasizes the urban factors alone or simply coordinates the urban development boundary with ecological and agricultural elements; they rarely examine urban development boundaries from the perspective of global pattern optimization, thus causing many issues to align with pre-technical, post-management management. Additionally, after the 18th National Congress, China entered a new governance stage that identifies problems using systematic problem solving and has gradually implemented this problem-solving framework. Therefore, the study of urban development boundaries should be reformed from a direct or partial perspective to a comprehensive perspective. By adopting systematic thinking, this study considers all elements of national land space and the coordination of various stages of spatial planning and then presents a systematic method with which urban development boundaries may be delineated, including two basic evaluations, three types of space division, and urban development boundary delimitation. Specifically, the section on the two basic evaluations identifies environment backgrounds by overlapping assessment. With the resource and environment carrying capacity evaluation, the resource endowment level and carrying capacity constraints can be identified by rating and summarizing major natural elements. And with the space development suitability evaluation, under three different developing orientation, the suitability level of ecological, agricultural and urban functions can be determined by rating and summarizing both natural and human factors. The section exploring three types of space division emphasizes land use type determination, the process by which authorities select the most suitable land designation based on the space development suitability evaluation result and functional development priorities, thus extracting urban development space. The urban development boundary delimitation section includes the FLUS-UGB model, which utilizes the random forest model to select input factors; the cellular automata model to simulate city dynamic evolution; and policy and planning factors that revise spatial growth trends and delimitate boundaries morphologically. This study presents Changchun City as an example, using land use data from 2010 to 2015 to perform model simulation and accuracy verification with an overall accuracy score of 0.922 3 and Kappa of 0.844 6, which indicates that this model is highly accurate. We then use this model to delimitate the urban development boundary of Changchun City in 2035 and formulate effective control measures. This method progresses from background values to suitable target values and control values, recognizing natural endowments and integrating function and optimize layout. Thus, it comprises a complete urban development boundary delimitation framework, which works toward establishing development and protection patterns of land space in Changchun City and provides a reference for further domestic research.

Key words: urban development boundary; resource and environment carrying capacity evaluation; space development suitability evaluation; FLUS-UGB; Changchun