

快速城镇化时期的庐江县城镇开发边界划定研究

武立争, 叶小群, 侯伟

(安徽建筑大学 建筑与规划学院, 安徽 合肥 230601)

摘 要: 合理划定城镇开发边界对于促进资源合理利用和引导城市空间有序增长具有重要意义。国内多数研究对于中小城市关注度较低, 基于此, 本文提出一种基于 FLUS 模型并耦合规划政策的县级城镇开发边界划定方法。本文以庐江县为研究案例, 在进行 2014–2019 年土地利用模拟和精度验证的基础上, 对 2025 年土地利用格局进行预测, 结合生态与耕地保护等相关政策指标, 最终划定庐江县城镇开发边界。结果显示, (1) 2019 年土地利用模拟结果总体精度值为 0.98, Kappa 系数为 0.97, 模型展现出较高的精度; (2) 预测 2025 年庐江县城镇建设用地面积达 64.9 km², 2020 年至 2025 年城市建设用地增加 13.1 km²; (3) 兼顾土地利用发展自然规律与政策影响因素, 城镇开发边界能有效地避免城镇用地对基本农田与生态红线的侵占, 以实现三者之间良好的空间协调, 可以为快速城镇化时期中小城市城镇开发边界的划定提供参考。

关键词: 城镇开发边界; FLUS 模型; CA 模型; 城镇化; 中小城市

中图分类号: TU984

文献标识码: A

文章编号: 2095-8382(2021)05-100-08

Research on Demarcation of Urban Development Boundary in Lujiang County during Rapid Urbanization Period

WU Lizheng, YE Xiaoqun, HOU Wei

(School of Architecture and Urban Planning, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: Reasonable demarcation of urban development boundary is of great significance for rational resource utilization of resources and orderly urban growth. For now, most researches in China pay little attention to small and medium-sized cities, hence, this paper proposes a demarcation method for county-level city development based on FLUS model and planning policy. With the land use simulation(LUS) and precision validation of Lujiang county from 2014 to 2019, this paper predicts its land use pattern in 2025, and demarcate the urban development boundary with indicators including ecology, farmland protection and other policies. The results show that: (1)the overall precision value of LUS in 2019 is 0.98, and the Kappa coefficient is 0.97, representing a high precision of the model; (2) it is predicted that from 2020 to 2025, the urban construction land area in Lujiang County will increase by 13.1 km², reaching 64.9 km², (3) the demarcation method proposed in this paper takes into account the natural law and policies of land use, which effectively avoid the encroachment of farmland and achieve spatial coordination, and provide a reference for urban development boundary of small and medium-sized cities.

Keywords: urban development boundary; FLUS model; CA model; urbanization; small and medium-sized cities

收稿日期: 2020-12-10

基金项目: 安徽省教育厅人文社会科学重大项目(SK2019ZD52)

作者简介: 武立争(1995-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 城乡规划管理;

叶小群(1962-), 男, 教授, 研究方向: 城乡规划与设计。

2019年5月,国务院印发《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》^[1],意见中明确要求国土空间规划编制中需科学划定生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界等空间管控边界,为可持续发展预留空间。党的十九大以来,乡村振兴、城乡融合发展等战略的提出与发展促使广大的县级中小城市发展潜力提升、城镇化进程加快,同时在发展过程中快速的城镇化导致了生态环境破坏与耕地资源流失等问题出现^[2]。划定城镇开发边界可以有效地控制城市无序增长,保护生态环境与耕地资源^[3-5]。因此,探讨快速城镇地区的中小城市城镇开发边界划定方法可以为当前国土空间规划编制提供方法借鉴。

我国关于城镇开发边界的研究,主要是2006年《城市规划编制办法》提出后才逐渐开展起来。2019年,《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》出台后,明确要求在国土空间规划的编制中需划定城镇开发边界。在实践层面,城镇开发边界划定方法目前主要有两类:(1)从城市“生态底线”约束的角度出发,划定不适宜城市建设区为城镇开发边界,这类方法主要关注生态安全,未能从城市发展的角度考虑城市空间用地布局^[6-8];(2)从城市发展的角度出发,利用城市增长模拟模型^[9-10](如约束性CA模型^[11]、SLEUTH模型^[12]、CLUE-S^[13]模型、多智能体、FLUS^[14]模型等)对城市未来的土地利用空间格局进行模拟预测,从而划定城镇开发边界。基于城市空间增长模拟模型划定城镇开发边界兼顾城镇土地利用发展规律,可以为城镇开发边界的划定研究提供参考。但是,模型因子的选取和自身的转换规则是确保模拟精度的前提^[15]。传统CA模型虽能够体现城市内部复杂结构,但其局限于非城市用地向城市用地的转换^[16],所以存在一定的局限性。FLUS模型是由刘小平、黎夏等提出的基于CA模型改进型的城市扩张模拟模型,FLUS模型既能较好地反映用地扩张历史规律,也能有效处理多种土地利用类型在自然作用与人类活动共同影响下发生相互转化时的不确定性与复杂性,使得模型较传统CA模型具有较高的模拟精度并且能获得与现实土地利用分布相似的结果^[17]。仅仅从“自下而上”的角度预测城市开发边界还不够完善,城镇用地不是单纯的

依据土地自然发展规律增长,划定城镇开发边界还应考虑上级政策规划影响。目前大多城镇开发边界的研究集中于大中城市,对于中小城市关注度较低。庐江县目前属于城镇化发展中期阶段的县级中小城市,且扩张趋势明显。科学合理划定城镇开发边界对生态文明发展理念下提升县城城镇化质量至关重要。因此,研究以庐江县为例,在对县城城镇建设用地规模多维度预测基础上,综合确定2025年城镇建设用地规模,采用FLUS模型对庐江县2025年土地利用格局进行模拟预测,再通过耦合相关近期规划成果对用地布局进行调整,最后综合划定庐江县2025年城镇开发边界,以期对庐江县国土空间规划编制提供一定的参考。

1 研究方法与思路

1.1 用地规模预测

城市未来建设用地规模预测采取马尔科夫模型结合多口径增长趋势进行推算(用地增长趋势外推法、城镇人均用地推算法、经济相关法)。综合考虑社会经济发展战略目标要求,明确庐江县2025年建设用地指标,综合确定城镇建设用地规模。

马尔科夫链是预测事件发生概率的一种数学方法,其常用于土地利用动态演变模拟。在不同土地的相互转化过程中,马尔科夫链可以通过对研究区域土地历史变量建立土地利用转移矩阵,并以此来预测未来土地利用情况^[18]。本文通过建立庐江县2014–2019年土地利用转移矩阵,得出往期各类土地之间转换概率,以此预测2025年庐江县城镇各类用地指标。

1.2 FLUS模型

FLUS模型由刘小平、黎夏等于2017年提出的一种基于传统元胞自动机(CA)的改进型模型,该模型耦合了人工神经网络^[14]与CA模型,并引入了自适应惯性机制。模型能够有效处理非线性关系的多种土地利用类型之间的转换,并结合CA模型配置城镇多种用地空间布局,已经较为广泛地应用于土地利用变化模拟^[18]、城镇开发边界划定等。

FLUS模型中的人工神经网络模块(BP-ANN)能够从一期土地利用数据、人类活动与自然效应的

多种驱动力因子(地形、交通、区位、政策等方面)获取各用地类型在研究区域内的适宜性概率^[14]。然后根据土地利用需求、各类土地的转换概率、限制约束区等,基于 CA 模型利用惯性系数和竞争机制以在模拟过程中有效处理人与自然共同影响下的多种土地利用类型之间转换存在的不确定性和复杂性,实现不同土地之间的转换,迭代运算出未来最适宜的城市土地利用布局^[16-19]。同时运用 Kappa 系数与 OA 系数(总体精度)对 FLUS 模型的模拟结果进行精度验证,当 OA 值与 Kappa 值越接近于 1 时,FLUS 模型的模拟精度就越高。如果值低于 0.5,模拟精度则较差。

1.3 城镇开发边界的划定路径

第一,明确城镇建设用地现状规模,依据城镇发展目标、人口发展趋势、经济发展水平,运用马尔科夫模型结合其他城镇建设规模预测方法,综合确定城镇目标年土地利用规模;第二,明确生态红线保护区、基本农田保护区等为城镇发展不适宜建设区;第三,在模型模拟阶段利用历史年份数据验证 FLUS 模型精度。模型精度较高时,输入城镇发展的限制因素与各类用地目标年的发展规模,运用 FLUS 模型对目标年城镇用地布局进行模拟,得到未来年份土地利用布局模拟结果,利用形态学中的膨胀与腐蚀方法对未来城镇用地布局优化处理后

初步确定城镇建设用地格局;第四,在此基础上耦合“自上而下”的政策及各类最新规划成果进行用地布局边界调整。基于自身发展规律模拟城镇增长空间需要与政策、规划有效契合,保证城镇开发边界的实效性。城镇开发边界划定技术路线如图 1 所示。

2 研究区域与数据

2.1 研究区域概况

庐江县位于合肥市南部,北濒巢湖,南近长江,西依大别山余脉。全县的国土面积 2348 平方公里,拥有 120 万人口,是合肥国土面积最大、人口最多的县城。境内有低山、丘陵、圩区和湖泊。从 2007 年至 2019 年间城镇化率从 29% 跃升到 51%,城镇建设用地约 51.8 平方公里。近年来,庐江县经济发展迅速,城镇扩张趋势明显,城镇规模不断扩大。同时也存在城镇建设用地利用效率不高、生态环境被破坏等问题。因此,在处于快速城镇化时期的中小城镇划定合理的城镇开发边界来控制 and 引导城镇发展具有重要的意义。

2.2 数据来源与处理

本研究主要数据包括社会经济数据、自然环境数据、历史土地利用数据、相关规划和人口数据等(表 1)。

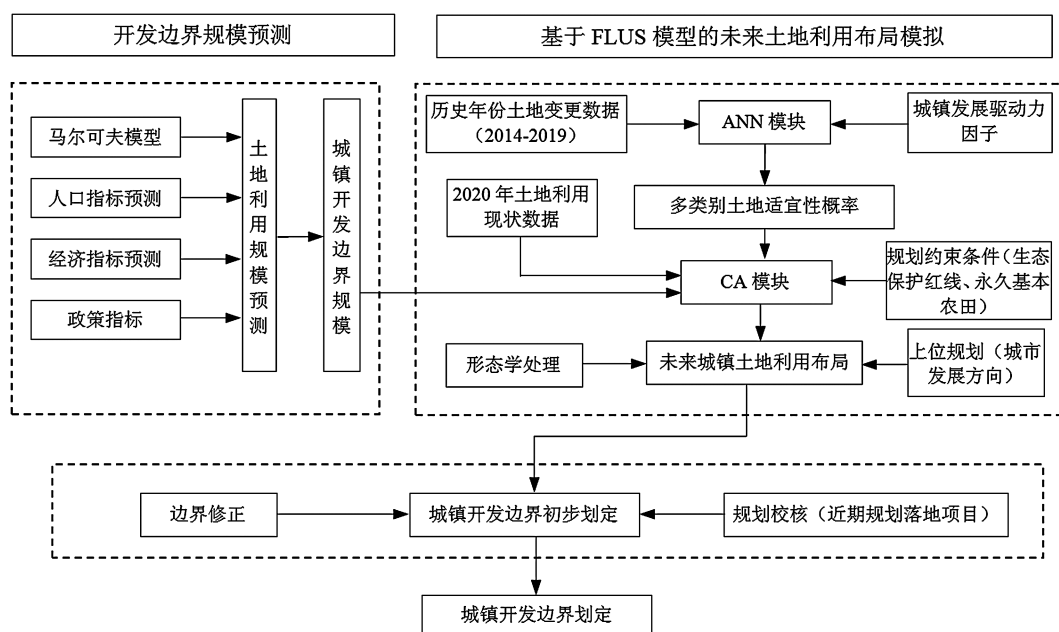


图 1 城镇开发边界划定技术路线图

表 1 数据名称与来源

数据名称	数据来源
2014、2019 年庐江县土地变更矢量数据	庐江县自然资源与规划局
2020 年庐江县第三次土地利用调查数据初步成果	庐江县自然资源与规划局
庐江县城市总体规划(2015-2030 年)	庐江县自然资源与规划局
庐江县生态红线、基本农田保护区	庐江县自然资源与规划局
庐江县 2014、2019 年国民生产总值	庐江县统计局
庐江县 DEM 数据、学校、商场、医院、政府机构 POI 数据	地理空间数据云、脉策数据官网
庐江县城镇常住人口数量	庐江县统计年鉴
庐江县卫星影像图	http://www.sina.com.cn
庐江县“双评价”成果	庐江县自然资源与规划局

本研究采用的多时期土地利用数据来源于庐江县自然资源与规划局。考虑到第二次与第三次土地调查数据分类标准的差异,以及两次模拟时限的因素,研究采用 2014、2019 年的第二次土地调查数据为模型模拟数据,以 2020 年第三次土地利用

调查数据最新成果为模拟 2025 年城市空间格局的起始数据。因本次研究空间尺度为县域层面,交通用地占国土空间面积比重较高,所以将交通用地独立分为一类。因此,将土地利用数据分为城镇建设用地、水域、交通用地、耕地、园林地、其他建设用地 6 类。

在自然因素方面,主要运用 ArcGIS 分析工具分析 30 m 分辨率 DEM 数据,得到庐江县坡度图,坡度越大的地区城市扩张的可能性越小,与城市增长呈负相关关系。快速城镇化地区的中小城市在城市扩张的过程中,区位与社会经济、规划政策对有城市增长驱动力的影响相较于其他地区更为明显。因此,本研究选取距省会城市距离、交通干道、客运站场、学校、医院的距离、地区人口密度、区域规划成果等,此类因素与城市增长呈正相关关系。

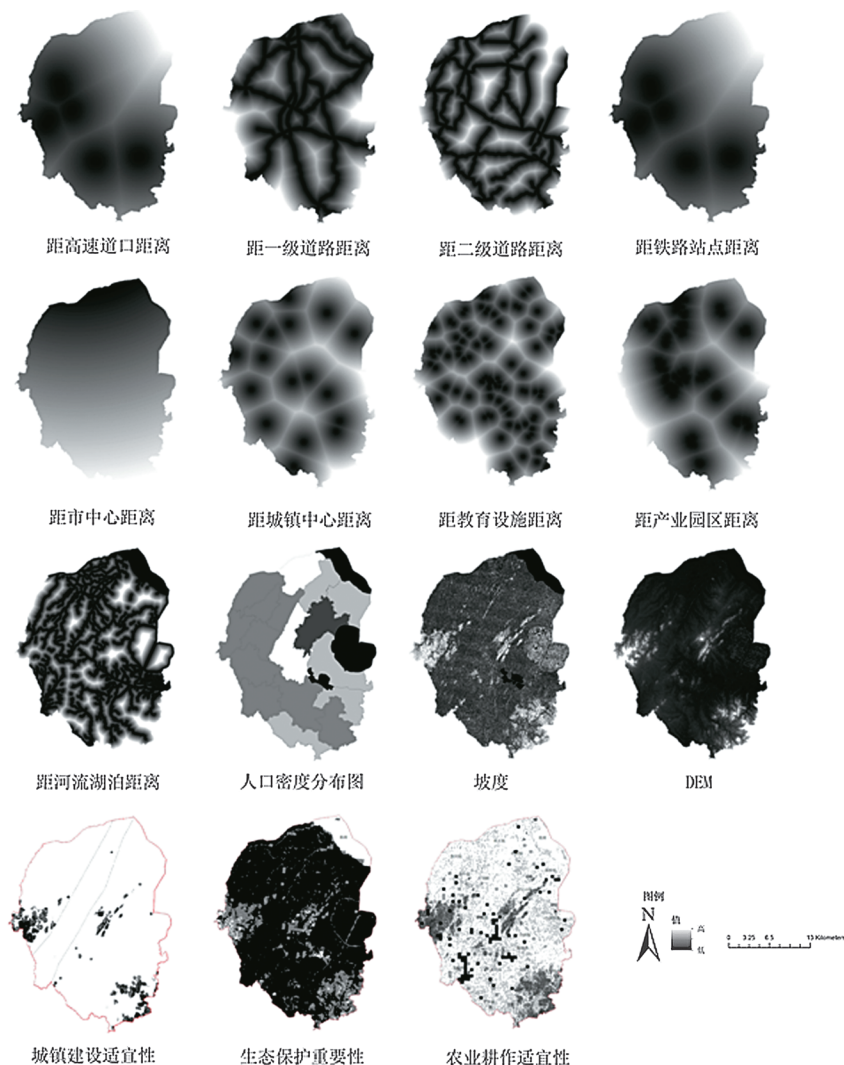


图 2 庐江县城镇扩张影响因素

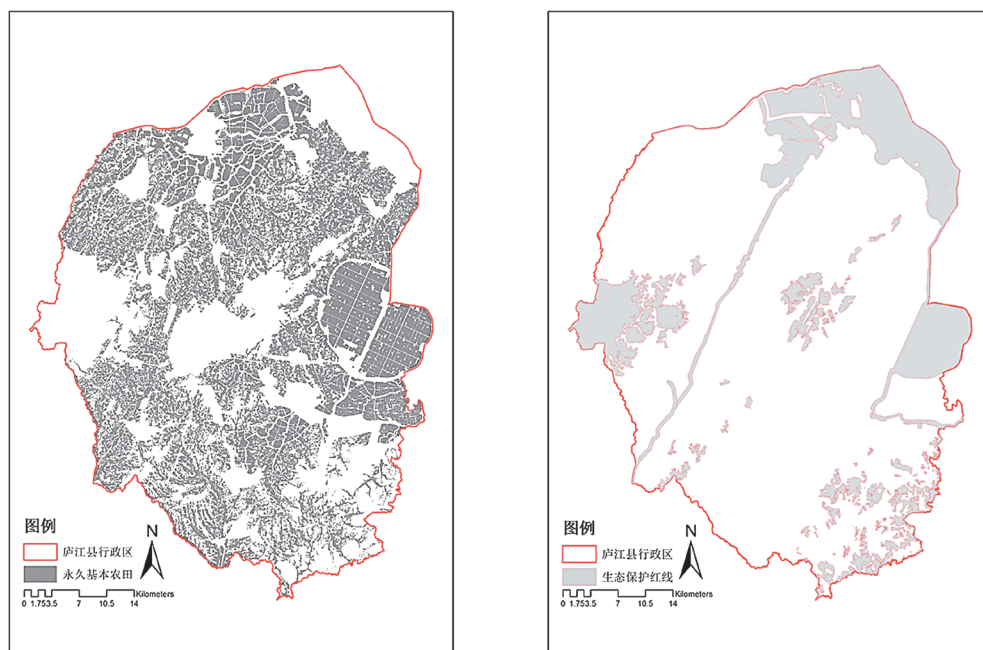


图 3 庐江县生态红线与永久基本农田保护区

另外,选取“双评价”成果作为城镇开发边界划定的参考依据和模型因子。其中,农业耕作适宜性与生态保护重要性与城市增长呈负相关、城镇建设适宜性与城市增长呈正相关。在区位、社会因素方面主要运用 ArcGIS 软件的距离分析工具对获取的 POI 数据和庐江县的核心要素进行分析,并进行归一化处理(图 2)。

政策和生态因素是城市扩张的重要限制性因素。因此,本文将永久基本农田保护区数据和生态红线矢量数据栅格化处理(图 3),该区域设置为城市扩张禁止侵占的范围,所有数据统一调整坐标系为国家 2000 坐标系,调整像元大小为 $30 \times 30 \text{ m}$,统一栅格数据行列数。

3 庐江县城镇开发边界划定

3.1 FLUS 模型精度验证

将 2014 年庐江县土地利用数据(图 4-a)导入模型 ANN 模块,同时将城镇发展驱动力因子归一化后导入模型,提取 30% 的样本量进行样本训练和适宜性概率计算,得到各类用地适宜性分布概率。运行 FLUS 模型 CA 模块,经过多次模拟最终确定模型各项参数值。模型的迭代次数值设置为 300,加速因子设置为 0.1,土地利用地类转换成本矩阵设置(表 2),其中 0 值代表该类土地不可

向另一种土地类型转换,1 值代表该类土地值可向另一种土地类型转换。惯性值设定为 1,输入 2019 年庐江县各类用地的适宜性概率和限制因素,最后运行模型模拟 2019 年庐江县土地利用数据得到模拟结果(图 5-d)。将模拟结果与实际 2019 年庐江县的土地利用情况(图 4-b)对比验证,用目视观察法对模拟结果进行检验,初步判断模拟结果与 2019 年实际的土地利用情况对比可知模拟结果相似度较高,再运用 Kappa 系数与 OA 系数检验得出 Kappa 值与 OA 值分别为 0.98、0.97, FOM 系数为 0.18(表 3)。因此,FLUS 模型对于未来土地利用模拟的精度较高,模型能够较好推演出未来城镇用地的发展情况,由此证明 FLUS 模型能够较好地应用于未来土地利用布局的模拟。

表 2 地类转换成本矩阵

	耕地	交通用地	水域	园林地	其他建设 用地	城镇建设 用地
耕地	1	1	0	0	1	1
交通用地	0	1	0	0	1	1
水域	0	1	1	0	0	1
园林地	1	1	0	1	0	1
其他建设用地	1	1	0	0	1	1
城镇建设用地	0	1	0	0	1	1

表 3 FLUS 模型 FOM 值、Kappa 值、OA 值

FOM	OA	Kappa	(生产者精度) PA					
			耕地	交通用地	水域	园林地	其他建设用地	城镇用地
0.18	0.97	0.98	0.98	0.84	0.99	0.99	0.96	0.90

3.2 未来城镇用地布局模拟

采取马尔可夫模型与经济相关法、人口相关法等,同时结合社会经济发展战略目标要求,综合确定 2025 年庐江县城镇建设用地规模为 64.9 平方公里。

将庐江县生态红线、永久基本农田保护区设置为限制土地转换区,在以上区域不同土地类型将不会发生转换。以 2020 年庐江县数据为初始值对 2025 年庐江县城镇用地布局(图 4-c)进行模拟,

得到 2025 年庐江县城镇用地布局结果(图 5-e)。对城镇用地增长的模拟结果分析可知,庐江县城镇建设用地增长主要分布在庐城镇、汤池镇、同大镇、郭河镇、石头镇、泥河镇、龙桥镇、金牛镇区域,而罗河镇、柯坦镇、万山镇、盛桥镇、白湖镇、矾山镇、冶父山镇用地增量相对较小或者不增长,在强调生态保护与耕地保护的约束下,模拟结果呈现出城市发展有效地避开约束区域,城镇发展更趋向于存量与增量并存的发展趋势,城镇建设用地相对集中

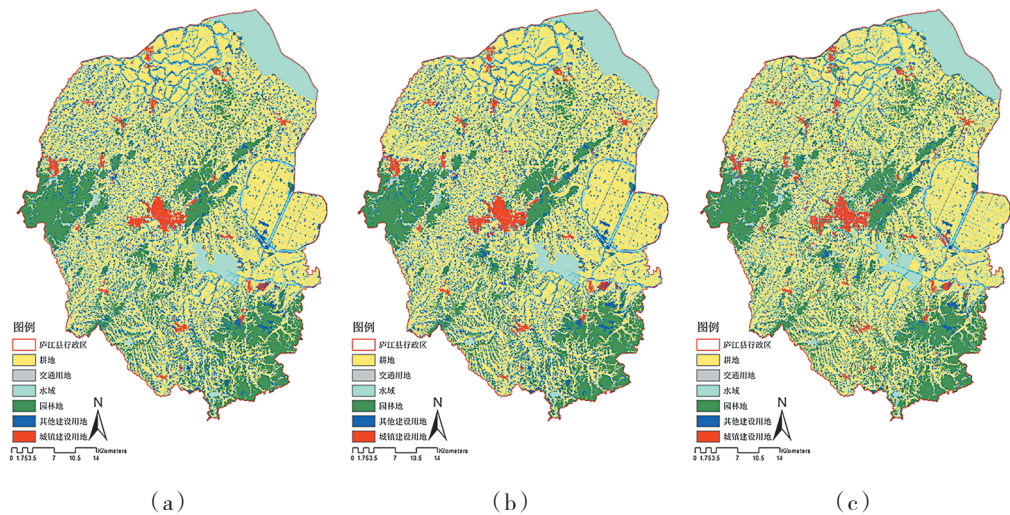


图 4 庐江县 2014 年、2019 年、2020 年县域土地利用现状图

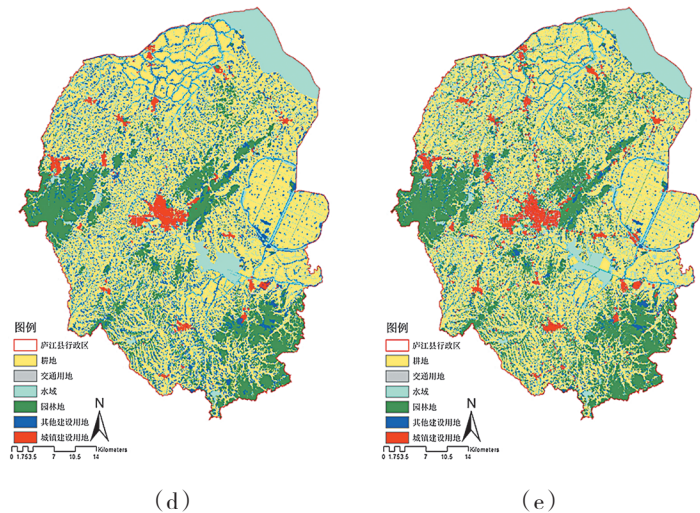


图 5 庐江县 2019 年、2025 年县域土地利用模拟结果

紧凑。

3.3 庐江县城镇开发边界的划定

通过 FLUS 模型模拟得到 2025 年庐江县城镇建设用地布局,从而确定 2025 年庐江县城镇建设用地边界。考虑到本文主要研究城镇开发边界的划定,所以将土地分为城镇用地与非城镇用地。FLUS 模型运行过程中会存在突变、混沌的情况,表现出来的特点是城镇用地模拟结果会出现一些孤立、细碎的图斑。本研究借鉴已有研究^[15],利用形态学膨胀腐蚀方法进行城镇建设用地边界修正与城镇空间布局的优化,其能够填补城市单元中出现的空洞与缺口、平滑城市用地单元、切断狭长的城市单元并且不会影响整体城市发展的格局,使模拟结果趋向于真实化。同时,城镇开发边界的划定需要考虑研究区域近期规划政策,通过耦合县城总体规划近期建设用地、其他规划成果等,对城镇开发边界进行调整。本研究依据《市级国土空间总体规划编制指南》相关要求,将中心城区城镇开发边界划分城镇集中建设区、弹性发展区与特别用途区。其中,中心城区城镇集中建设区占中心城区城镇建设用地总规模的 91.8%,中心城区城镇弹性发展区面积是中心城区城镇集中建设区面积 7.8%,将边界内的生态空间及古迹遗址等综合划定为特殊用途区,划定庐江县 2025 年最终的城镇开发边界结果(图 6)。



图 6 庐江县 2025 年城镇开发边界

对庐江县城镇开发边界的划定结果来看,庐江县城镇建设用地面积达到 64.9 平方公里,占庐江县国土面积的 2.8%,相对于 2020 年城镇建设用地,

2025 年新增城镇建设用地面积为 13.1 平方公里。其中同大镇、郭河镇、金牛镇建设用地增加较多,其次是庐城镇、汤池镇,其他城镇建设用地增量相对较小,或者出现负增长。虽然研究区内不同区域土地增长趋势不同,但是土地利用总体增长趋势较为稳定,除同大镇、石头镇以外,其他城镇空间布局没有出现剧烈变化,总体上预测 2025 年庐江县城镇开发边界变化态势符合庐江县未来的发展趋势。对比庐江县相关规划划定的 2030 年城镇增长边界(图 7),可以发现两者之间存在一定差异。因两者边界划定的时限不同,划定的边界规模存在较大差距。本文主要从以下两个方面进行对比:(1)从保护生态安全格局的角度来看,2030 年城镇增长边界基本农田与生态红线存在冲突,冲突区域主要集中在白山镇、庐城镇北部与冶父山镇。本研究划定的边界合理规避基本农田与生态红线区域。由此可见,本文提出的城镇开发边界划定方法更有利于实现对生态安全格局的保护与实现地区可持续发展。(2)从引导城市发展角度来看,本研究基于城市建设用地开发适宜性概率预测城市空间增长并结合上位规划、政策综合划定城镇开发边界,城镇建设用地规模体量较小、边界划定更加精细,而原划定的 2030 年边界侧重于对城镇建设总规模的限制,城镇建设用地体量较为庞大。由此可见,本研究划定的城镇开发边界对引导城镇发展更具指导意义。

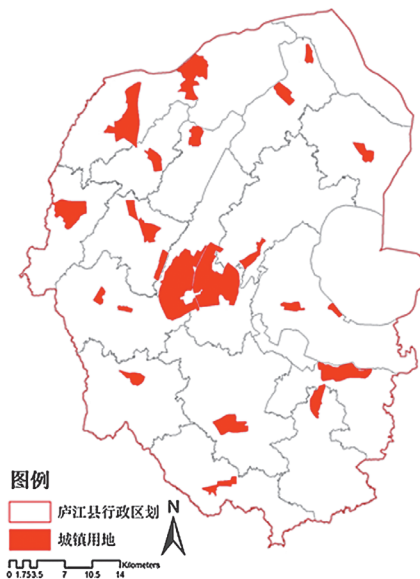


图 7 庐江县原空间规划划定 2030 年城镇增长边界

4 结论

划定城镇开发边界对于引导城镇紧凑集约发展,优化城镇空间结构,促进快速城镇化地区城镇高质量、高水平发展有着重要意义^[3-5]。本文采用马尔可夫模型结合多途径方式综合预测城镇未来用地规模,以生态红线与永久基本农田保护区为约束,运用神经网络模型通过自然、区位、人类活动等影响因素获取土地发展适宜性概率,基于 FLUS 模型模拟城镇用地布局,结合研究区域政策规划综合划定 2025 研究区域城镇开发边界,并以庐江县为实证研究,结论如下:(1)采用 2014、2019 年历史年份土地利用数据分析土地变化规律并验证 FLUS 模型模拟精度,计算得到模型 2019 年总体精度 OA 值为 0.97、Kappa 值为 0.98,表明 FLUS 模型能较准确地反映土地变化规律,对于中小城镇未来用地发展模拟较为准确。(2)城镇开发边界划定结果显示,庐江县 2020 年至 2025 年城镇建设用地增长量为 13.1 平方公里,城镇开发边界范围内面积为 64.9 平方公里,占庐江县国土面积的 2.8%。通过对比庐江县总体规划中划定的城镇增长边界,本次研究划定的城镇开发边界更加精细,对引导城镇有序发展更具现实意义。本文提出的城镇开发边界划定方式综合考虑城市政策规划因素和生态约束,城镇开发边界与基本农田、生态红线“三线并立”,较好地处理保护与开发的关系。(3)本研究提出的城镇开发边界划定方法在顺应土地发展规律的同时保证其作为规划管控的权威性,是实现城镇可持续发展的有效途径,划定庐江县 2025 年城镇开发边界可为庐江县近期建设提供数据参考,同时可为处于快速城镇化地区中小城市的城镇开发边界划定提供方法借鉴。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国中央人民政府网站. 中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见 [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content_5394187.htm, 2019-5-23.
- [2] 王斌斌,柯珂,律严,等. 快速城镇化地区城镇开发边界划定和管理的探索与思考——以广州南沙新区(广东自贸区南沙片区)为例[J]. 城乡规划, 2019(3): 31-37.
- [3] 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.
- [4] 丁乙宸,刘科伟,程永辉,等. 县级国土空间规划中“三区三线”划定研究——以延川县为例[J]. 城市发展研究, 2020, 27(5): 1-9.
- [5] 林坚,乔治洋,叶子君. 城市开发边界的“划”与“用”——我国 14 个大城市开发边界划定试点进展分析与思考[J]. 城市规划学刊, 2017(2): 37-43.
- [6] 李咏华. 生态视角下的城市增长边界划定方法——以杭州市为例[J]. 城市规划, 2011, 35(12): 83-90.
- [7] 储金龙,王佩,顾康康,等. 基于生态安全格局的安庆市规划区空间管制分区研究[J]. 安徽建筑大学学报, 2016, 24(3): 100-107.
- [8] 叶小群. 正反两依依——谈“论”反规划”[J]. 规划师, 2007, 23(1): 59-61.
- [9] 黎夏,叶嘉安. 基于神经网络的元胞自动机及模拟复杂土地利用系统[J]. 地理研究, 2005, 24(1): 19-27.
- [10] 蒋狄微. 宁波市土地利用/覆被时空变化分析和预测研究[D]. 杭州:浙江大学, 2015.
- [11] 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.
- [12] 刘勇,吴次芳,岳文泽,等. 基于 SLEUTH 模型的杭州市城市扩展研究[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 797-807.
- [13] 许小亮,李鑫,肖长江,等. 基于 CLUE-S 模型的不同情景下区域土地利用布局优化[J]. 生态学报, 2016, 36(17): 5401-5410.
- [14] Liu X P, Liang X, Li X, et al. A future land use simulation model (FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects[J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 168: 94-116.
- [15] 张亚飞,廖和平,李义龙. 基于反规划与 FLUS 模型的城市增长边界划定研究——以重庆市渝北区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(4): 757-767.
- [16] 吴欣昕,刘小平,梁迅,等. FLUS-UGB 多情景模拟的珠江三角洲城市增长边界划定[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(4): 532-542.
- [17] 张韶月,刘小平,闫士忠,等. 基于“双评价”与 FLUS-UGB 的城镇开发边界划定——以长春市为例[J]. 热带地理, 2019, 39(3): 377-386.
- [18] 李国珍. 基于 FLUS 模型的深圳市土地利用变化与模拟研究[D]. 武汉:武汉大学, 2018.
- [19] 黄康,戴文远,黄万里,等. 基于 FLUS 模型与动能定理的城镇用地增长边界划定[J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(3): 557-567.