

引用格式:曹靖, 张文忠, 刘俊杰. 经济与生态双重视角下大都市边缘城镇开发边界划定: 以广州市番禺区为例[J]. 资源科学, 2020, 42(2): 262-273. [Cao J, Zhang W Z, Liu J J. Delimiting urban development boundaries in metropolitan fringe with economic and ecological perspectives: A case study of Panyu District, Guangzhou City[J]. Resources Science, 2020, 42(2): 262-273.] DOI: 10.18402/resci.2020.02.06

# 经济与生态双重视角下大都市边缘城镇开发边界划定

## ——以广州市番禺区为例

曹靖<sup>1,2</sup>, 张文忠<sup>1,2</sup>, 刘俊杰<sup>3</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101;  
2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 广州市番禺城市规划设计院, 广州 511450)

**摘要:**划定城镇开发边界有助于保护城市周边和城市内部重要生态区域和自然资源;引导城市高效、有序开发建设,防止城市低效蔓延;优化城市建设空间格局,提高城市土地资源节约集约利用水平。本文基于经济与生态双重视角定义了一个建设适宜性指数,通过计算用地单元建设适宜性指数,并设定决定是否纳入开发边界内的适宜性指数阈值,对广州市番禺区这一典型大都市边缘城镇的开发边界进行了划定,在建设用地规模保持不变、有所增加、有所减小等3种不同发展预期下,得出了3种相应的划定方案。结果显示:①番禺区建设适宜性指数较高的区域与现有建成区吻合程度较高,包含了位于番禺区东北部、西部部分尚未开发建设的战略储备用地。建设适宜性指数较低区域主要包含了山林、水源保护区、生态廊道、永久基本农田等;②开发边界划定结果中生态廊道体现明显,将番禺区建设用地分隔为若干组团,且连片的建设用地中有足够的“生态留白”;③开发边界划定结果与现状建设用地存在一定差异,这有助于引导优化城市建设空间格局、提高城市土地资源节约集约利用水平;3种不同发展预期下开发边界划定方案的差异主要在于对经济价值和生态效益同时较高或较低的用地单元的取舍。大都市边缘城镇由于其自身特征,在划定城镇开发边界时应兼顾引导、保护和优化的功能。本文采用的城镇开发边界划定方法综合考虑了经济和生态两个方面,并且具备一定灵活性,适宜在大都市边缘城镇的开发边界划定中采用。

**关键词:**城镇开发边界;大都市边缘城镇;建设用地适宜性评价;绿色基础设施;广州市番禺区

DOI :10.18402/resci.2020.02.06

## 1 引言

随着城市化进程的加速,中国城市规模迅速扩张,很多城市出现了以经济增长为导向的空间粗放式增长,以及以交通设施建设为导向的城市空间过度扩张等现象<sup>[1]</sup>。对城市空间增长的管理和控制不当可能引发城市生态环境破坏、经济结构失衡、居住环境质量下降等各种问题<sup>[2]</sup>。为了减小城市过度扩张带来的不良影响,国家通过一系列重要会议及文件要求各地开展城镇开发边界的划定工作,如

2013年中央城镇化工作会议要求“根据区域自然条件,科学设置开发强度,尽快划定每个城市特别是特大城市开发边界”,《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》<sup>[3]</sup>、《生态文明体制改革总体方案》<sup>[4]</sup>等文件强调,要科学划定城镇开发边界,限制城市无序蔓延和低效扩张,推动城市发展由外延扩张式向内涵提升式转变。

部分政府文件、技术标准以及学术研究对划定城镇开发边界的目的及其应发挥功能作用进行了

收稿日期:2019-04-09 修订日期:2019-11-15

基金项目:国家自然科学基金项目(41871170;41671166)。

作者简介:曹靖,男,陕西宝鸡人,博士研究生,主要从事城市地理研究。E-mail: 359175995@qq.com

通讯作者:张文忠,男,内蒙古呼和浩特人,研究员,博士生导师,主要从事城市与区域发展研究。E-mail: zhangwz@igsnr.ac.cn

2020年2月

深入的探讨和阐述。其中表述较为完整、全面的是中国标准化研究院2018年7月发布的《国家标准〈新型城镇化建设多规合一实施编制规范〉(征求意见稿)编制说明》<sup>[5]</sup>提出城镇开发边界是控制城市空间蔓延、提高土地集约利用水平、保护资源生态环境、引导城市合理有序发展的公共政策工具。城镇开发边界的功能应包括:保护城市周边和城市内部重要生态区域自然资源;引导城市高效、有序开发建设,防止城市低效蔓延;优化城市建设空间格局,提高城市土地资源节约集约利用水平。

根据国家要求并结合实际工作中的探索,当前中国城镇开发边界的划定对象应为城市全域,即划定中心城、新城、区县政府驻地、镇以及独立建设用地边界。这其中,大都市边缘地区城镇是中国城镇化过程中矛盾比较突出的地区。一方面,由于大都市核心地区建设用地逐渐饱和以及国家用地政策的限制,大都市新增建设用地的需求逐渐向边缘地区集中,各类新城、园区及独立建设用地往往不得不选址在大都市边缘地区;另一方面,不同于中小城市边缘区相对明显的城乡分界,大都市边缘地区常存在较大范围的城乡过渡地带,这些地带中城市、城中村、老旧工厂、农用地等混杂分布,土地节约集约程度低。与此同时,大都市边缘地区城镇常与山地、林地、水域等生态要素临近,建设用地增长与生态环境保护的矛盾比较激烈。因此,探索适用于这类地区城镇开发边界方法,以引导城市合理有序发展、提高土地节约集约利用水平、保护资源生态环境十分必要。

城镇开发边界的概念与20世纪50年代美国提出的城市增长边界(UGB)概念一脉相承<sup>[6]</sup>。关于UGB的具体含义和划定方法国内外已进行了长期

探讨。近年来,随着中国城市化发展的实际需求以及国家部委对城镇开发边界划定工作的部署,中国研究者对城镇开发边界划定方法及应用进行了较为深入的探索。现有研究中,对于开发边界划定方法主要有3类<sup>[7]</sup>:一是“择优法”,即通过建设用地适宜性<sup>[8]</sup>、生境质量<sup>[9]</sup>、基础设施水平<sup>[10]</sup>等指标对用地条件进行评价,选取条件较优的用地划入开发边界范围;二是“排除法”,即通过用地生态适宜性、生态安全格局、资源环境承载力等指标,结合生态红线、基本农田等明确的管制区,通过GIS叠置分析等方法,划出不适宜进行开发建设的区域,从而倒推城镇开发边界<sup>[11-14]</sup>;三是“模拟法”,即利用 Sleuth 模型<sup>[15]</sup>、人工神经网络<sup>[16]</sup>、CA及相关模型<sup>[17,18,22,23]</sup>、蚁群算法<sup>[19]</sup>、SD及CLUE-S模型<sup>[20]</sup>、转化及影响模型<sup>[21]</sup>等各类数学模型等对城市未来的增长边界进行模拟预测,基于模拟结果划定开发边界(表1)。现有划定方法存在的主要不足在于,一是划定依据过度强调某一方面的要素而忽略了其他要素,容易造成划定结果“一刀切”的后果。二是过度强调划定过程中的“科学性”和“客观性”,过分依赖基于数学方法和客观数据对未来的预测。城市规划是一项带有主观引导性质的政策工具,在实际生产生活当中,专家学者以及规划城镇当地居民基于主观经验对于影响城市增长因素的判断具有重要价值,不应单纯地追求客观而回避主观因素。此外,城市建设用地增长规律在不同时期不同发展阶段下不一定保持一致,特别是在快速城镇化地区,不同时期建设用地增长的速度和方式可能会存在很大差异,通过过去数据训练的模型未必能很好应用于对未来的预测,多数模型基于邻域的蔓延式城市增长的预测不一定符合高水平土地集约利用的实际需求。

表1 城镇开发边界划定主要方法和优缺点

Table 1 Main methods of delimiting urban growth boundary and their advantages and disadvantages

划定方法	划定依据或使用的模型算法	主要优缺点
择优法	用地适宜性评价、生境质量评价、基础设施水平评价等	1.有助于引导城市高效、有序开发建设 2.可能忽视某些要素,造成择优结果不够准确 3.对生态环境保护功能体现不足
排除法	生态适宜性评价、生态安全格局评价、资源环境承载力评价、管制区要素叠置等	1.对生态环境保护功能明确 2.缺乏对城镇开发的引导作用
模拟法	CA模型、Sleuth模型、人工神经网络、蚁群算法、转化及影响模型等	1.能够科学地模拟预测未来城镇建设用地增长格局 2.缺乏对城镇开发的引导作用 3.忽视了主观经验对开发边界划定的作用 4.相对复杂,在实际工作中鲜有运用

在城镇开发边界实际划定工作当中,选取何种方法需要根据划定目标城镇的实际情况进行选择。本文重点研究大都市边缘城镇,这类地区常常兼具新增建设用地需求较大、生态环境矛盾较大、城镇内部用地效率较低等特征,因此在划定城镇开发边界时应兼顾引导、保护和优化的功能。为尽可能避免目前常用方法中存在的弊端,兼顾开发边界的各项功能,提升方法的当地适用性,本文尝试应用一种基于经济与生态双重视角的择优方法,以广州市番禺区作为案例尝试划定其城镇开发边界。

## 2 研究区域与研究方法

### 2.1 研究区域

番禺区地处广州市中南部,是珠江三角洲的中心腹地,北与广州市中心区相接,南与南沙区相连,东与东莞市隔江相望,西与佛山市顺德区相邻,全区面积约530 km<sup>2</sup>,现辖10个街道、6个镇。原为县级市,2000年撤市设区,成为广州市辖区(图1)。

番禺区作为长期独立发展的城市,在2000年行政区划调整前其中心城区发展与广州市城市发展相对独立,空间上联系不是十分紧密。撤市设区之后,在广州中心城区带动下,番禺北部地区城市化建设加速,亚运村等众多大型建设项目落地番禺。但番禺区辖区广大,下辖街道、镇、村众多,快速城

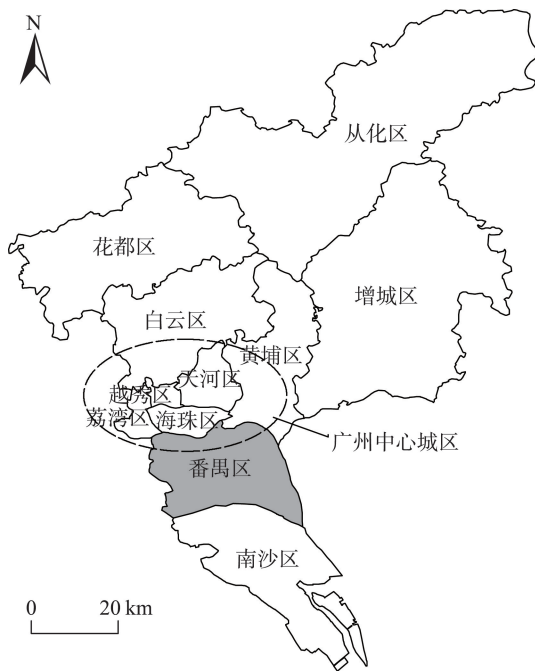


图1 案例区位置示意

Figure 1 Location of the study area

市化建设并未显著改变番禺原有的城乡格局,番禺区大部分地区目前主要呈现一种城乡过渡、用地混杂的空间格局。城市住宅、产业园区、旧城镇、旧村庄、旧厂房、农用地等各类用地混杂分布,土地利用效率较低,资源环境风险较高,且景观欠佳。因此,番禺对于城市合理有序发展、提高土地节约集约利用水平、保护资源生态环境的需求十分强烈。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 划定思路和方法

划定城镇开发边界的目的是为了引导城市合理有序发展、提高土地节约集约利用水平、保护资源生态环境。提高土地节约集约利用水平即是要求尽可能耗费更少的建设用地创造更大的社会经济价值,而保护资源生态环境则是要求城市开发尽可能减小生态环境成本。一块土地同时具备潜在的经济开发价值和生态效益,判断土地是进行开发建设还是开展保护,取决于该地开发建设可以带来多少社会经济收益,也取决于该地对区域生态环境起作用的大小。因此,衡量不同土地经济价值和生态效益的比较优势,根据比较优势大小判断开发哪些土地而保护哪些土地,这是达成引导城市合理有序发展、提高土地节约集约利用水平、保护资源生态环境目标的一个直观思路<sup>[24]</sup>。

由于城镇开发边界划定结果需要精确落在实际用地当中,因此在评价土地经济价值和生态效益的比较优势时,应细化到具体的用地单元。将研究区域分割成若干栅格,将每个栅格作为一个用地单元。本文将番禺辖区按照25 m×25 m栅格进行分割,剔除全部为河流水域的栅格后,共划分为789361个用地单元。定义一个建设适宜性指数 $S$ ,其值等于一个用地单元的经济价值与该单元生态效益之比,即:

$$S = V_{\text{Economy}} / V_{\text{Ecology}} = \sum \alpha_i C_i / \sum \beta_j P_j \quad (1)$$

式中: $S$ 为一个用地单元的建设适宜性指数; $V_{\text{Economy}}$ 和 $V_{\text{Ecology}}$ 分别为该用地单元的经济价值和生态效益; $C_i$ 为第 $i$ 个经济价值因子(区位条件、交通条件、用地条件等)的归一化值; $P_j$ 为第 $j$ 个生态效益因子(生态斑块条件、生态廊道条件、生态基质条件等)的归一化值; $\alpha_i$ 、 $\beta_j$ 为相应权重。

建设适宜性指数 $S$ 属于一个自定义的比值型连续变量,没有特定量纲,其值大小反映了用地单元



2020年2月

经济价值和生态环境价值之间的相对关系,分母(经济价值)越大、分子(生态环境价值)越小,则 $S$ 值越大,越适宜进行开发利用,反之则越适宜纳入生态环境保护范围。

由于计算结果中各栅格用地单元建设适宜性指数 $S$ 值大小差距可能较大,为使数字直观,在不改变大小顺序的前提下,可对 $S$ 值进行取对数、放大、取整变换。

$$S' = \text{int}(1000 \times \log_{10} S) \quad (2)$$

式中: $S'$ 为变换后的建设适宜性指数。后文中提及的建设适宜性指数均指根据式(2)变换后的指数。

基于 $S'$ 值划定具体的开发边界范围需要确定一定的阈值,这个阈值是建设适宜性指数 $S'$ 的一个特定值,用地单元的建设适宜性指数若超过这个值,则该用地单元纳入开发边界内,否则则归入开发边界以外。确定该阈值的理想方法是依据 $S'$ 值分布的自然间断点,即 $S'$ 值分布图中明显的“波谷”来确定,这样阈值内外的性质差异性比较显著,划定的开发边界具备较强的科学意义。但实际工作中,由于开发建设的需要和政策的限制,阈值的确定需要和城镇发展规模目标以及上级政府给定的建设用地规模等相协调。

根据研究对象城镇的发展规模目标或者上级政府给定的建设用地规模 $A_{\text{goal}}$ ,计算出为纳入开发边界内用地单元的 $S'$ 值的阈值 $S'_{\text{threshold}}$ ,使得:

$$\sum_{i}^{S' \geq S'_{\text{threshold}}} A_i = A_{\text{goal}} \quad (3)$$

$$\text{即: } S'_{\text{threshold}} = \min(S') \left( \sum_{i}^{A_i \leq S'} A_i = A_{\text{goal}} \right) \quad (4)$$

式中: $A_i$ 为第 $i$ 个用地单元的面积; $A_{\text{goal}}$ 为区域发展目标建设用地规模或建设用地指标; $S'_{\text{threshold}}$ 为纳入开发边界内用地单元的 $S'$ 值的阈值。依据上式可根据发展目标 $A_{\text{goal}}$ 计算出相应的 $S'_{\text{threshold}}$ 值,根据 $S'_{\text{threshold}}$ 值确定开发边界范围。

$$\begin{cases} S'_i \geq S'_{\text{threshold}} & \text{用地单元}i\text{纳入开发边界} \\ S'_i < S'_{\text{threshold}} & \text{用地单元}i\text{不纳入开发边界} \end{cases} \quad (5)$$

将所有建设适宜性指数 $S' \geq$ 阈值的用地单元进行合并,剔除细碎图斑并将边界进行形状规整后,即为开发边界范围。整体划定思路方法如图2。

### 2.2.2 经济价值评价方法与指标筛选

用地单元经济价值的计算可借鉴城镇建设用

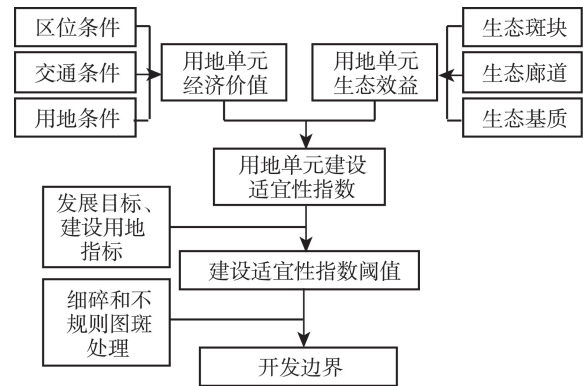


图2 城镇开发边界划定思路和方法

Figure 2 Technical roadmap of urban development boundaries delimiting

地适宜性评价方法。20世纪中叶,美国景观规划师McHarg提出“地图叠加法”<sup>[25]</sup>,基于该方法和GIS技术创建的土地适宜性评价模型(Land Suitability Evaluation Model, LSEM)在土地适宜性分析研究中被广泛应用,并在不断拓展与完善<sup>[26,27]</sup>。

LSEM的构建包含确定评价指标体系和确定因子权重两部分<sup>[28]</sup>。用地单元经济价值评价指标可以从区位因素、交通因素、用地条件等方面来选取。对于大都市边缘地区,新增建设用地的需求除了地区本身,同时也来自大都市核心区,因此其经济价值与其距城市核心区远近密切相关。除此之外,根据城市经济学理论和城市地价规律,用地单元与重要的公共服务设施、城市居民点、交通枢纽、交通站点等的距离越近,其经济价值越高。对于用地条件自身而言,自然灾害发生率低、地势平坦、光照条件好的地域其经济价值相对较高。基于上述分析,选取区位因素、交通因素、用地条件3个一级指标,与城市核心区距离、与重要公共服务设施距离等10个二级指标,建立用地单元经济价值评价指标体系,各指标的度量与计算方法见表2。

各因子权重确定的原则是权重尽可能体现该要素在当地的重要性,因此本文就采用的因子设计成小型问卷,对案例当地城市规划及管理领域的12名专家及资深工作者进行了咨询式调查,要求受访者就问卷中提出的各类因素对当地的影响程度大小进行排序。基于问卷结果,根据因子累计排序按比例计算权重,累计排序靠前的因子权重大,累计排序靠后的因子权重小,并将上述赋值结果结合专家意见进行了适当修正。对于连续型指标,本文采



表2 用地单元经济价值影响因子、权重及计算方法

Table 2 Influencing factors, weights, and calculation methods of economic value of land use units

价值类型	因子类型	因子	权重	计算方法			
经济价值	区位因素	与城市核心区距离/km	0.140	计算与广州市天河区珠江新城中心区的距离			
		与重要公共服务设施距离/km	0.105	计算与最近的综合性医院或中小学的距离			
		与城市居民点距离/km	0.105	计算与最近的国有已建住宅用地的距离,不含集体所有土地内的村民住宅			
	交通因素	与机场/高铁站距离/km	0.135	计算与最近机场或高铁站的距离			
		与火车站/港口距离/km	0.090	计算与最近火车站(不含高铁站)或港口的距离			
		与高速路出入口/地铁站距离/km	0.135	计算与最近高速路出入口或地铁站的距离			
		与城市道路距离/km	0.090	计算与最近的城市规划主次干道的距离			
	用地条件	地质灾害易发性		0.080	分级赋值	地质灾害分区	
						不易发区	1.0
						低易发区	0.7
中易发区						0.3	
高易发区						0.0	
坡度				0.080	分级赋值	坡度级	
						I	1.0
						II	0.8
						III	0.4
						IV	0.2
坡向			0.040	分类赋值	坡向		
					平地、南	1.0	
					东南、西南	0.8	
					东、西	0.6	
					东北、西北	0.3	
					北	0.0	

用了极大-极小值法对数据进行了归一化处理,个别指标过于集中在某一区内,为加强区分度,在归一化前对数据进行了指数或者对数变换,从而在不改变大小顺序的前提下,尽可能使归一化之后的值在0到1的区间内均匀分布;对于离散型指标,结合指标特征和实际经验,通过分级赋值或分类赋值的方式进行数据归一化。

### 2.2.3 生态效益评价方法与指标筛选

用地单元生态效益计算可借鉴绿色基础设施评价(Green Infrastructure Assessment, GIA)方法。“绿色基础设施”是一个由森林、水域、湿地、公园、绿道、农场等自然区域和开敞空间相互连接的网络,起到支持生物生存与迁徙、提高生态环境质量、为城市居民提供多种生态系统服务等功能。“绿色基础设施”在空间上由中心与廊道构成,包含天然的和人工的绿色空间<sup>[29]</sup>。本文借鉴GIA方法中“斑

块—廊道—基质”的生境结构思想及空间数据多层次叠加法计算用地单元的生态效益。

绿色基础设施(GI)空间元素中的“斑块”一般指大型植被覆盖区域或水域<sup>[30]</sup>。“廊道”的功能是将孤立的中心连接起来,为生物、物质和信息提供流动路径,并改善各中心之间的连通性,增长区域景观和生态的稳定性<sup>[31]</sup>。“基质”是指斑块和廊道之外土地的生态服务功能。等级和重要度越高、面积越大的生态斑块和生态廊道对生态系统产生的效益越大;对于单个生态斑块,形状越规则,其发挥生态效益的能力越强,且实施保护的难度越低;对于生态基质,不同土地覆被类型的生态服务功能不同,平地相对于坡地而言具备更强的水土保持生态功能,植被指数越高的用地单元生态效益越高,距离GI核心斑块越近的用地单元生态效益越高。基于上述分析,选取生态斑块、生态廊道、生态基质3个层面下

2020年2月

重要度、面积、土地覆被、坡度、归一化植被指数等9项指标建立用地单元生态效益评价指标体系,各指标的度量与计算方法见表3。各指标权重赋值以及数字归一化方法同上文经济价值评价部分。

### 2.3 数据来源

本文采用的居民点、公共设施、交通枢纽、交通站点、道路等数据来源为番禺区数字化现状图(2017年)以及广州市番禺区综合交通规划;地质灾害分区数据来源于广州市地质灾害防治规划;坡度、坡向数据自DEM数据中提取,DEM数据来源为地理空间数据云网站;生态斑块数据来源于番禺区政府组织划定的林业生态红线、番禺区生态控制线以及番禺区数字化现状图(2017年),生态廊道数据来源为广州市生态廊道相关规划;土地覆被类型数据来源为番禺区土地利用变更调查(2017年);NDVI数据基于Landsat-8卫星影像相关波段进行计算获得。

## 3 结果与分析

### 3.1 用地单元建设适宜性指数计算结果

用地单元开发适宜性指数及其构成因子计算

结果如图3。其中,图3a-3g中各用地单元的值分别由其与广州城市核心区、重要公共服务设施、城市居民点、交通枢纽、重要交通节点及干道等要素的距离决定,距离相应要素越近的用地单元经济价值越高,反之则越低,因而各图呈现的空间格局可以明显体现出相应要素的空间分布。图3h-j分别体现了地质灾害易发性以及坡度、坡向对用地单元经济价值的影响,由图可见,番禺区地质灾害易发性为中部、北部和西南部低,东、南、西部外围地区高;番禺区大部地势平缓、坡度较小,多为平地或低矮山丘,只有大夫山、莲花山、大象岗等少数山地范围内坡度偏高。图3k为图3a-3j按权重叠加后形成的用地单元经济价值分布,由图可见,番禺区用地单元经济价值总体呈北高南低、中部高东西低的格局,经济价值最高地区位于北部洛溪岛、大学城、大石街道、南村镇范围,以及中部区政府周边。图3l-3n分别为生态斑块、生态廊道、生态基质相关要素按权重叠加后形成的用地单元生态价值分布图,图3o为图3l-3n按权重叠加后形成的用地单元生态价值分布,由图可见,生态价值高的用地单元主要分

表3 用地单元生态效益影响因子、权重及计算方法

Table 3 Influencing factors, weights, and calculation methods of ecological value of land use units

价值类型	因子类型	因子	权重	计算方法	计算方法		
生态效益	生态斑块	重要度	0.30	分级赋值	生态斑块类型	赋值	
					自然保护区、森林公园、高标准基本农田、一级水源保护区	1.0	
					城市公园、山林、非高标准基本农田、二级水源保护区	0.5	
	生态廊道	面积/m <sup>2</sup>	0.15	生态斑块面积			
			0.05	以圆为参考几何形状计算斑块形状指数			
		重要度	0.15	分级赋值	生态廊道类型	赋值	
						区域生态廊道	1.0
						组团生态廊道	0.5
	生态基质	面积/m <sup>2</sup>	0.05	生态廊道覆盖面积			
		土地覆被类型	0.12	分类赋值	参考单位面积生态系统服务价值当量 <sup>[32]</sup>		
坡度		0.03	分级赋值	坡度级	赋值		
					I	0.00	
					II	0.25	
					III	0.50	
					IV	0.75	
					V	1.00	
		归一化植被指数(NDVI)	0.06	应用卫星影像相关波段值计算			
		与GI核心斑块的距离/km	0.09	计算与最近自然保护区、森林公园、高标准基本农田、一级水源保护区的距离			

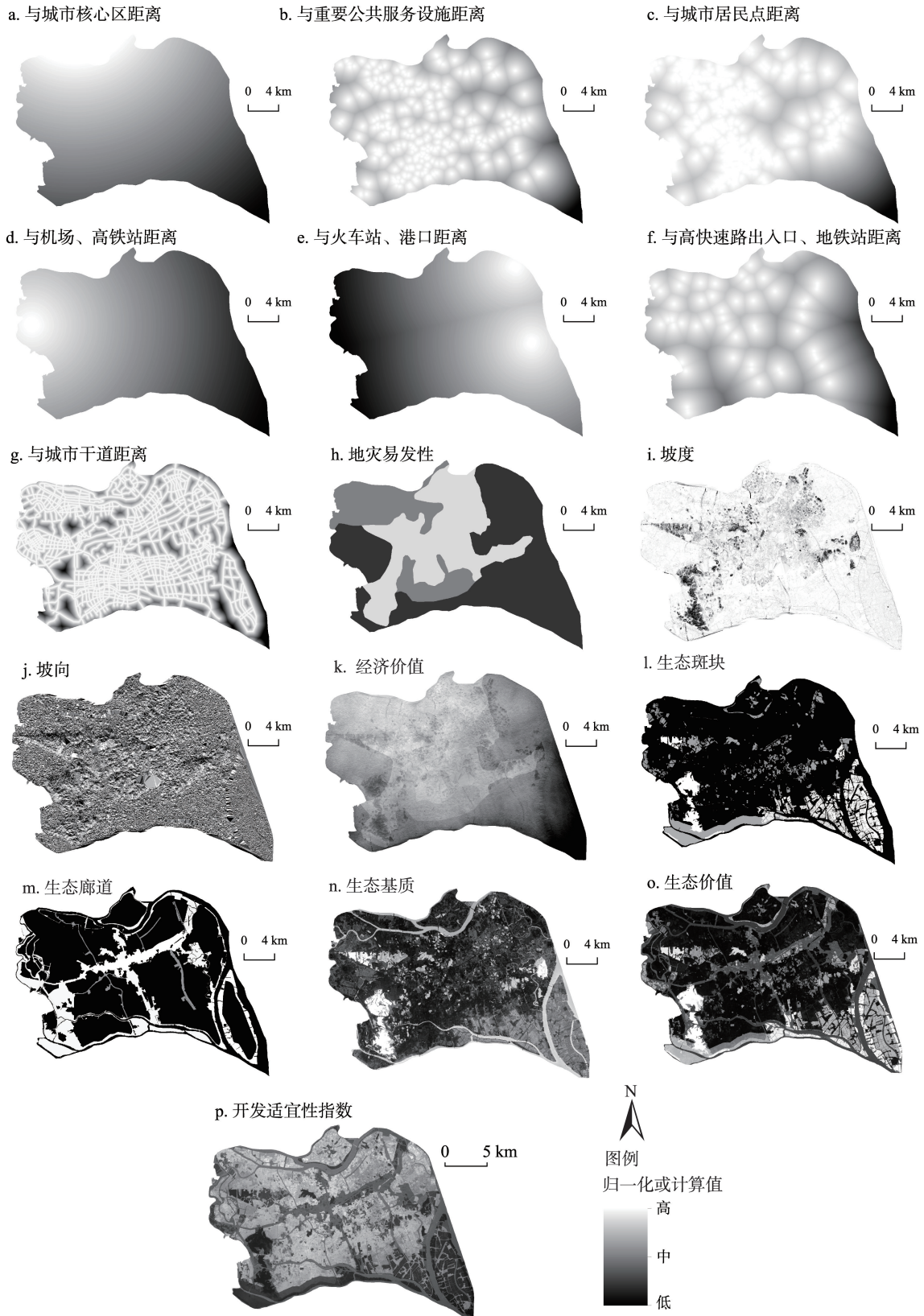


图3 开发适宜性指数及其构成因子计算结果

Figure 3 Development suitability index and indicator values



2020年2月

布在大夫山自然保护区、大象岗森林公园、东南部连片永久基本农田等重要的块状生态设施范围内,以及连通重要生态设施的廊道范围内,上述范围之外自身生态价值低、距离生态斑块、生态廊道远的用地单元生态价值较低。图3p中用地单元值为该用地单元经济价值和生态价值之比,体现了双重视角下用地单元的建设适宜性。

基于式(1)、(2)进行计算,789361个用地单元中 $S'$ 最高值为3069,最低值为-436,中位数为804。由图4可见,多数用地单元的 $S'$ 值分布于-200到1600这一区间内。 $S'$ 值800左右是最明显的波谷,可以用来当作区分开边界内外的重要参考节点。

$S'$ 较高的区域与现有建成区吻合程度较高,主要分布在现状建设用地及其周边,番禺东北部、西部部分条件良好、被当地作为战略用地储备、目前尚未建设的用地单元也在 $S'$ 高值范围当中。而 $S'$ 较低区域则充分体现了生态要素,包含了山林、水源保护区、生态廊道、永久基本农田等。

将 $S'$ 值和现状建设用地进行对比发现, $S'$ 值较高、现状非建设用地的用地单元主要分布在东部的化龙、石碁、新造等几个镇,以及西部广州南站周边等区位条件和自然条件良好,但开发建设强度尚且不高的区域,具备较高的开发价值。 $S'$ 值较低、现状为建设用地的用地单元主要位于中部生态廊道范围以及西南水源保护区范围之内,这些现状建设用地多为旧村庄和旧厂房,其中旧厂房可以逐步清退,回归生态用地或农业用地,旧村庄可以逐步组织搬迁,或在严格限制不新增建设量的情况下,通过城市更新予以保留。

### 3.2 建设适宜性指数阈值的确定

基于 $S'$ 值划定具体的开发边界范围需要确定一

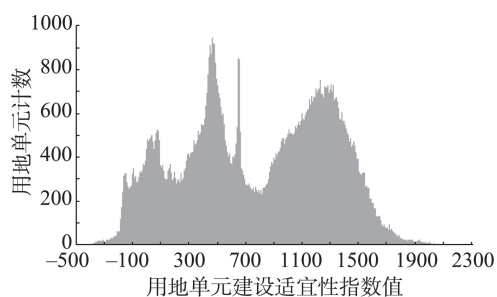


图4  $S'$ 值分布统计

Figure 4 Statistics of the distribution of suitability index values of land use units

定的阈值。理论上最佳阈值应该能够使 $S'$ 值位于阈值两侧的用地单元性质差异尽可能显著,因此该阈值应位于 $S'$ 值分布的自然间断点处。如前文所述,此时番禺开发边界划定所采取的 $S'$ 值应为800左右。

但是对于大都市边缘城镇而言,由于其对自身建设用地规模以及城镇发展目标缺乏足够的自主性,而是与国家政策以及所属都市的发展战略、发展重点密切相关,发展预期对于外界影响十分敏感,缺少稳定性。因此,根据不同发展预期的情境划定不同的开发边界,对于此类地区显得尤为重要。由前述分析可见, $S'$ 值计算完成后,可以据此在不同的发展预期情境下,通过设定不同阈值确定不同大小的开发边界,从而形成相应的划定方案。

番禺区当前土地利用总体规划建设用地指标约为240 km<sup>2</sup>,若未来采取严格限制建设用地增长的政策措施、全区建设用地面积长期保持现有水平,根据式(4),相应的建设适宜性指数阈值为840。在此情境下,将 $S'$ 值超过840的用地单元纳入开发边界内,将 $S'$ 值小于840的用地单元划入开发边界之外,经过细碎图斑处理后形成开发边界线,划定结果如图5a。在此方案下,开发边界可以为城市提供约65 km<sup>2</sup>可供新增建设用地选址的空间,同时除交通用地外,约43 km<sup>2</sup>现状建设用地位于开发边界外。

番禺区承担了广州南站、广州国际创新城等多项市级大型建设项目及其周边开发建设任务,未来仍有可能获取新增建设用地指标。若预期城镇建设规模扩大,则相应地,纳入开发边界内的建设适宜性指数阈值会出现下降。假设未来番禺区建设用地规模有15 km<sup>2</sup>的新增量,即城镇预期建设规模为255 km<sup>2</sup>,则式(4)计算出建设适宜性指数阈值约为730,划定结果如图5b。该方案下,开发边界可以为城市提供约77 km<sup>2</sup>可供选取的新增建设用地空间,同时除交通用地外,约42 km<sup>2</sup>现状建设用地位于开发边界以外。

另一种可能的情形是,由于国家对大城市建设用地的严格管控,以及番禺区建设用地现状与指标倒挂的现实,减量规划有可能成为未来的趋势。若预期城镇建设规模缩小,则相应地,纳入开发边界内的建设适宜性指数阈值会出现上升。假设未来番禺区建设用地规模需要减量10 km<sup>2</sup>,即城镇预期

建设规模缩减为230 km<sup>2</sup>,则此时算得建设适宜性指数阈值约为894(图5c)。在此方案下,划定的开发边界仍能够提供约61 km<sup>2</sup>新增建设用地的选址空间,但位于开发边界外需要清退建设用地的任务随之增加,除交通用地、重要公共设施等不易清退的建设用地,有约45 km<sup>2</sup>现状为旧村镇、旧厂房、违法建设等建设用地位于开发边界以外。

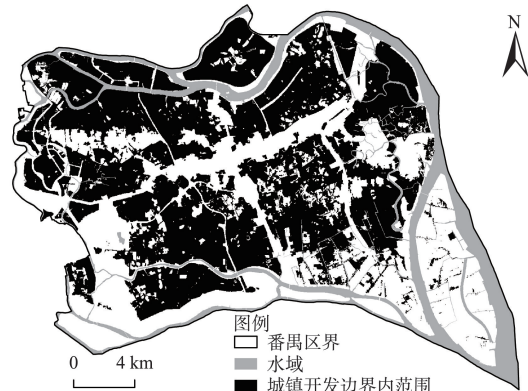
### 3.3 划定结果分析

通过开发边界划定结果与现状建设用地之间的对比,以及不同开发边界划定方案之间的对比来对上述划定结果进行分析。

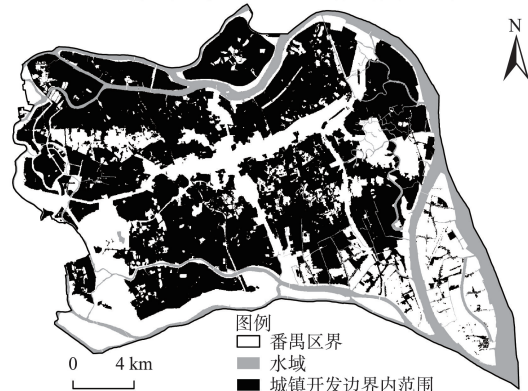
由图5可见,不论在何种发展预期下,开发边界划定结果均呈现出类似特征,即生态廊道体现明显,将番禺区建设用地分隔为若干组团,且连片的建设用地中有足够的“生态留白”。与现状建设用地相比,开发边界划定结果的主要差异之处在于:将位于番禺东北部化龙镇、新造镇、石楼等镇,以及西部广州南站周边大量地理条件良好的现状非建设用地纳入了开发边界范围当中,这与广州市整体发展规划向吻合,为重大建设项目选址提供了充足的用地保障;同时,将位于水源保护区、自然保护区、高快速路等内部及周边的现状建设用地纳入了开发边界范围之外,纳入开发边界范围之外的现状建设用地除了必要的基础设施及公共服务设施之外,主要为旧厂房、旧村庄,以及个别城市住宅区,此类建设用地或者经济效益低,或者生态环境风险大,应予以严格限制进一步开发,并制定计划逐步退出建设用地,恢复生态用地或农业用地的状态。可见,开发边界划定结果与现状建设用地之间的差异,使得开发边界优化城市建设空间格局、提高城市土地资源节约集约利用水平等功能得以体现。

对比在3种不同发展预期下开发边界划定方案,可以看出,总体格局上各方案差异不大,方案间的主要区别在于对“中间地带”,即经济价值和生态效益同时较高或较低的用地单元的取舍。方案间具体差异之处主要包括:地形条件良好但交通条件不够便利的荒地、交通条件良好的低矮山丘及鱼塘、各类条件都相对较好的优质耕地、靠近自然保护区或生态廊道的现状建设用地等,在阈值设置越低的方案中,此类用地更多地被纳入开发边界范围以内,反之则更多地被纳入开发边界范围以外。这

a. 开发边界划定结果(建设适宜性指数阈值为840)



b. 开发边界划定结果(建设适宜性指数阈值为730)



c. 开发边界划定结果(建设适宜性指数阈值为894)

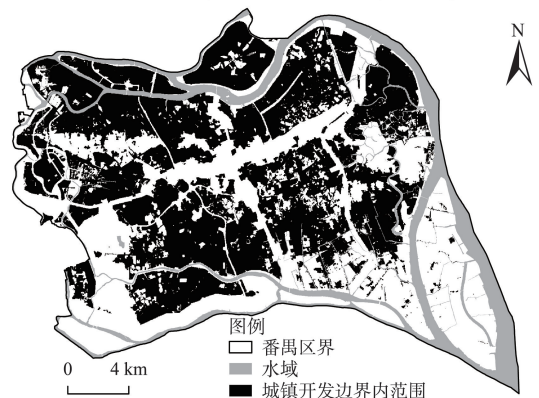


图5 不同阈值下开发边界划定结果

Figure 5 Development boundary delimitation results under different thresholds

种差异充分体现了本文采用划定方法的特色,即可以根据发展目标灵活确定开发边界范围大小,优先选择经济价值高、生态环境价值低的用地单元纳入边界内,在确有需求的情况下,将位于“中间地带”的用地单元纳入开发边界内。

## 4 结论

本文基于经济与生态双重视角,尝试对广州市



2020年2月

番禺区这一典型大都市边缘城镇的城镇开发边界进行划定。本文主要得出以下结论:

(1) 现有城镇开发边界划定方法多存在划定依据过度强调某一方面的要素而忽略了其他要素等不足,使得划定结果更加偏重于引导城镇发展或保护生态环境中的某一方面。大都市边缘城镇常常兼具新增建设用地需求较大、生态环境矛盾较大、城镇内部用地效率较低等特征,因此在划定城镇开发边界时应兼顾引导、保护和优化的功能,通过开发边界的划定来引导城市合理有序发展、提高土地节约集约利用水平、保护资源生态环境。

(2) 从经济价值和生态效益双重视角入手,定义了一个建设适宜性指数,该指数为用地单元的经济价值和生态效益量化计算后的比值,建设适宜性指数高的用地单元更适合纳入开发边界以内,反之则更适合纳入开发边界之外。可以根据城镇发展的规模预期设定合适的建设适宜性指数阈值,从而形成相应面积大小的开发边界划定方案。番禺区建设适宜性指数较高的区域多为现状建设用地以及战略储备用地。建设适宜性指数较低区域主要包含了山林、水源保护区、生态廊道、永久基本农田等。该方法综合考虑了经济和生态两个方面,并且具有一定灵活性,适宜在大都市边缘城镇的开发边界划定工作中采用。

(3) 在建设用地规模保持不变、有所增加、有所减小等3种不同发展预期下,对番禺区城镇开发边界分别进行划定,得出3种预期下相应的划定方案。结果显示,开发边界划定结果中生态廊道体现明显,将番禺区建设用地分隔为若干组团,且连片的建设用地中有足够的“生态留白”。开发边界划定结果与现状建设用地存在一定差异,这有助于引导优化城市建设空间格局、提高城市土地资源节约集约利用水平。3种不同发展预期下开发边界划定方案的差异主要在于对经济价值和生态效益同时较高或较低的用地单元的取舍。

番禺区在城镇开发边界划定以及城市建设实际工作当中,应尽量避免被现状建设用地图局所过分制约,应该主动优化当前的空间格局,在选取经济价值高、生态效益低的用地进行开发建设的同时,对于经济价值低、生态风险高的现状建设用地有计划地逐步清退。应充分发挥城镇开发边界的引导作用,而不是单纯地让开发边界和现状相符,

减少矛盾。

#### 参考文献(References):

- [1] 郭嵘,黄梦石. 存量规划视角下城市开发边界的划定方法[J]. 规划师, 2016, 32(10): 57-61. [Guo R, Huang M S. Urban development boundary specification from built-up area planning viewpoint [J]. Planners, 2016, 32(10): 57-61.]
- [2] 许景权. 空间规划改革视角下的城市开发边界研究: 弹性、规模与机制[J]. 规划师, 2016, 32(6): 5-9. [Xu J Q. The flexibility, scale and mechanism of urban development boundary [J]. Planners, 2016, 32(6): 5-9.]
- [3] 中华人民共和国国务院. 国家新型城镇化规划(2014-2020年)[EB/OL]. (2014-03-16) [2019-04-09]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content\\_2644805.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content_2644805.htm). [State Council of the People's Republic of China. National New-Type Urbanization Plan (2014-2020年)[EB/OL]. (2014-03-16) [2019-04-09]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content\\_2644805.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content_2644805.htm).]
- [4] 中华人民共和国国务院. 生态文明体制改革总体方案[EB/OL]. (2015-09-21) [2019-04-09]. [http://www.gov.cn/guowuyuan/2015-09/21/content\\_2936327.htm](http://www.gov.cn/guowuyuan/2015-09/21/content_2936327.htm). [State Council of the People's Republic of China. The Overall Plan for Institutional Reform to Promote Ecological Progress[EB/OL]. (2015-09-21) [2019-04-09]. [http://www.gov.cn/guowuyuan/2015-09/21/content\\_2936327.htm](http://www.gov.cn/guowuyuan/2015-09/21/content_2936327.htm).]
- [5] 中国标准化研究院. 国家标准《新型城镇化建设多规合一实施编制规范》(征求意见稿)编制说明[EB/OL]. (2018-07-26) [2019-04-09]. <https://max.book118.com/html/2018/09/19/52242-42140001314.shtm>. [China National Institute of Standardization. National Standardization "Code for the Implementation and Compilation of Multiple Compliance in New Urbanization Construction" (Draft for Comments)[EB/OL]. (2018-07-26) [2019-04-09]. <https://max.book118.com/html/2018/09/19/5224242140001314.shtm>.]
- [6] Nelson A C, Moore T. Assessing urban growth management: The case of Portland, Oregon, the USA's largest urban growth boundary[J]. Land Use Policy, 1993, 10(4): 293-302.
- [7] Yang Y, Zhang L, Ye Y, et al. Curbing sprawl with development-limiting boundaries in urban China: A review of literature[J]. Journal of Planning Literature, 2019, DOI: 0885412219874145.
- [8] 雷丽丽, 邹自力. 基于建设用地适宜性的城市开发边界划定[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(22): 49-53. [Lei L L, Zou Z L. Urban development boundary demarcation based on the suitability of construction land[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2018, 57(22): 49-53.]
- [9] 吴健生, 毛家颖, 林倩, 等. 基于生境质量的城市增长边界研究: 以长三角地区为例[J]. 地理科学, 2017, 37(1): 28-36. [Wu J S, Mao J Y, Lin Q, et al. Urban growth boundary based on the evaluation of habitat quality: Taking the Yangtze River Delta as an exam-



- ple[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(1): 28–36.]
- [10] 周春山, 张润朋, 金万富, 等. 基于基础设施综合服务水平导向的城市增长边界划定: 以广州市为例[J]. *地理与地理信息科学*, 2017, 33(5): 42–49. [Zhou C S, Zhang R P, Jin W F, et al. Urban growth boundary delimitation oriented by comprehensive service level of infrastructure: A case study of Guangzhou[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2017, 33(5): 42–49.]
- [11] 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 Z W, Mo B, Xie F R. Delimitation of urban growth boundary based on land ecological suitability evaluation: A case of Fangcheng-gang[J]. *Planners*, 2009, 25(11): 40–44.]
- [12] 刘焱序, 彭建, 孙茂龙, 等. 基于生态适宜与风险控制的城市新区增长边界划定: 以济宁市太白湖新区为例[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(8): 2605–2613. [Liu Y X, Peng J, Sun M L, et al. Delimitation of urban growth boundary based on ecological suitability and risk control: A case of Taibai Lake New District in Jining City, Shandong, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(8): 2605–2613.]
- [13] 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): 83–94. [Zhong S, Zhao X M, Guo X, et al. Delimitation of urban growth boundary based on spatial suitability evaluation and population carrying capacity in Guixi County[J]. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(5): 83–94.]
- [14] Wei F, Zhan X W. Delineating urban growth boundaries with ecosystem service evaluation[J]. *Sustainability*, 2019, DOI: 10.3390/su11195390.
- [15] Claire J, Scott G, Mary S. Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore Washington Metropolitan Area[J]. *Planning and Design*, 2003, 30: 251–271.
- [16] Suman C, Nath D D, Biswajit M, et al. A neural network and landscape metrics to propose a flexible urban growth boundary: A case study[J]. *Ecological Indicators*, 2018, 93: 952–965.
- [17] Liang X, Liu X P, Li X, et al. Delineating multi-scenario urban growth boundaries with a CA: Based FLUS model and morphological method[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 177: 47–63.
- [18] 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*, 2018, 72: 57–65.
- [19] Ma S, Li X, Cai Y. Delimiting the urban growth boundaries with a modified ant colony optimization model[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2017, 62: 146–155.
- [20] He X D, Mai X M, Shen G Q. Delineation of urban growth boundaries with SD and CLUE-s models under multi-scenarios in Chengdu Metropolitan Area[J]. *Sustainability*, 2019, DOI: 10.3390/su11215919.
- [21] Tayyebi A, Pijanowski B C, Pekin B. Two rule-based urban growth boundary models applied to the Tehran Metropolitan Area, Iran[J]. *Applied Geography*, 2011, 31(3): 908–918.
- [22] 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]. *地球信息科学报*, 2018, 20(4): 532–542. [Wu X X, Liu X P, Liang X, et al. Multi-scenarios simulation of urban growth boundaries in Pearl River Delta based on FLUS-UGB[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2018, 20(4): 532–542.]
- [23] 邱思齐, 岳文泽. 刚性与弹性相结合的城市开发边界划定: 以浙江省义乌市为例[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(5): 1607–1616. [Qiu S Q, Yue W Z. Delineation of urban development boundary based on the combination of rigidity and elasticity: A case of Yiwu City in Zhejiang Province, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(5): 1607–1616.]
- [24] 肖长江, 欧名豪, 李鑫. 基于生态-经济比较优势视角的建设用地空间优化配置研究: 以扬州市为例[J]. *生态学报*, 2015, 35(3): 696–708. [Xiao C J, Ou M H, Li X. Research on spatial optimum allocation of construction land in an eco-economic comparative advantage perspective: A case study of Yangzhou City[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(3): 696–708.]
- [25] McHarg I L, Mumford L. *Design with Nature*[M]. New York: American Museum of Natural History, 1969.
- [26] Zheng Q, Yang X, Wang K, et al. Delimiting urban growth boundary through combining land suitability evaluation and cellular automata[J]. *Sustainability*, 2017, DOI: 10.3390/su9122213.
- [27] 孟霖, 郭杰, 孙驰, 等. 基于供求关系的城镇建设用地适宜性评价: 以扬州市为例[J]. *资源科学*, 2018, 40(1): 11–21. [Meng L, Guo J, Sun C, et al. Suitability evaluation of urban construction land based on supply and demand in Yangzhou City[J]. *Resources Science*, 2018, 40(1): 11–21.]
- [28] 尹海伟, 张琳琳, 孔繁花, 等. 基于潜力-约束模型的冀中南区域建设用地适宜性评价[J]. *应用生态学报*, 2013, 24(8): 2274–2280. [Yin H W, Zhang L L, Kong F H, et al. Suitability assessment of construction land in the central and southern parts of Hebei Province, China based on potential-limitation model[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(8): 2274–2280.]
- [29] 付喜娥. 绿色基础设施规划及对我国的启示[J]. *城市发展研究*, 2015, 22(4): 52–58. [Fu X E. Green infrastructure planning and the enlightenment to our country[J]. *Urban Development Studies*, 2015, 22(4): 52–58.]
- [30] Benedict M E, McMahon E T. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*[M]. Washington: Island Press, 2006.
- [31] Opdam P, Steingröver E, Van Rooij S. Ecological networks: A spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75(3–4): 322–332.
- [32] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. *资源科学*, 2015, 37(9): 1740–1746. [Xie G D, Zhang C X, Zhang C S, et al. The value of ecosystem services in China[J]. *Resources Science*, 2015, 37(9): 1740–1746.]

# Delimiting urban development boundaries in metropolitan fringe with economic and ecological perspectives: A case study of Panyu District, Guangzhou City

CAO Jing<sup>1,2</sup>, ZHANG Wenzhong<sup>1,2</sup>, LIU Junjie<sup>3</sup>

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Panyu Institute of Urban Planning and Design, Guangzhou 511450, China)

**Abstract:** Delimiting the boundary of urban development can help to protect important ecological areas and natural resources, guide the efficient and orderly construction, prevent inefficient spread, optimize the spatial pattern of urban construction, and improve the level of land resource conservation and intensive use. This study defined a construction suitability index based on the economic and ecological perspectives. Through the calculation of the construction suitability index of landuse units and the setting of thresholds, the development boundary of Panyu District, a typical metropolis fringe town in Guangzhou City, was delimited. Under three different developing scenarios, three corresponding delimitation schemes were obtained. The results show that areas with high construction suitability in Panyu District coincidence with the current construction land. Some of the unconstructed landuse units with favorable conditions for development in the northeastern and western parts of Panyu, which are used as strategic land reserves by the local government, also have high construction suitability. The areas with low construction suitability mainly include mountain forests, water source protection areas, ecological corridors, permanent basic farmlands, and so on. In the resulting delimitation of development boundaries, ecological corridors are clearly identified. The construction land in Panyu is divided into several groups, and there is enough “ecological space” within the contiguous construction land. There are some differences in spatial distribution between the delimitation results and the current construction land, which can be used to guide and optimize the spatial pattern of urban construction and improve the level of urban land resource conservation and intensive use. The differences of the three delimitation schemes under different developing scenarios mainly lie in the allocation of landuse units with high or low economic value and ecological benefit at the same time. These landuse units locating in the “middle zone” and are not the first choice for construction, but can be included within the development boundary as an alternative if there is a need. The main conclusions of this paper are as follows: because of its own characteristics, the function of guidance, protection and optimization should be taken into account when delimiting the development boundary of metropolis fringe towns. The method of urban development boundary delimitation in this paper considers both economic and ecological aspects, and has certain flexibility, which is suitable for application in metropolis fringe towns.

**Key words:** urban development boundaries; metropolitan fringe; suitability evaluation of construction land; green infrastructure; Panyu District, Guangzhou City