

“人地业”协同视角的城市低效用地逐级智能识别*

Step-by-step Intelligent Identification of Urban Inefficient Land from a "Human-Land-Industry" Synergy Perspective

陈旭阳 杨俊宴 邵典 谭梦扬

CHEN Xuyang, YANG Junyan, SHAO Dian, TAN Mengyang

关键词 城市低效用地; “人地业”协同视角; 逐级智能识别; 规划应对

Keywords: inefficient urban land; "human-land-industry" synergistic perspective; step-by-step intelligent identification; planning response

中图分类号 TU984 文献标志码 A
DOI 10.16361/j.upf.202506013
文章编号 1000-3363(2025)06-0090-09

作者简介

陈旭阳, 东南大学建筑学院博士研究生,
chenxy_seuarch@163.com

杨俊宴, 国家高层次人才, 东南大学首席教授,
通信作者, yjy-2@163.com

邵典, 东南大学建筑学院助理研究员
谭梦扬, 东南大学建筑学院博士研究生

提要 在当前存量时代, 城市内大量低效用地造成了稀缺土地资源的浪费, 如何科学识别与规划治理城市内大量功能混合的低效用地, 已成为城市规划研究与实务中的重要问题。本研究从“人地业”协同视角对城市低效用地识别的内涵进行解析, 提出一种“人地业”协同视角下的逐级智能识别方法: 基于分阶特征组合的第一轮初步识别揭示城市低效用地的空间区位分阶特征; 基于多维特征聚类的第二轮优化识别揭示低效用地的四类“人地业”特征簇群; 基于图结构深度学习的第三轮精细识别揭示低效用地单元内部资源要素配置的矛盾冲突。结果表明逐级智能识别方法能够精细识别与深度解析低效用地的特征与机理, 为新时期城市低效用地的精细治理与规划应对提供新路径。

Abstract: In an era of urban redevelopment, the prevalence of inefficient urban land has led to a significant waste of scarce resources. Consequently, the scientific identification and planning of mixed-use inefficient urban land has become an important issue in urban planning research and practice. This study examines the concept of inefficient urban land identification from a "Human-Land-Industry" synergy perspective and proposes a step-by-step intelligent identification method based on the framework. The method includes three stages: ① Preliminary identification based on hierarchical feature combination, which reveals the spatial hierarchical characteristics of inefficient urban land; ② Optimal identification based on multidimensional feature clustering, which identifies four types of "Human-Land-Industry" feature clusters; ③ Fine-grained identification based on deep learning of graph structure, which uncovers the internal contradictions and conflicts in the allocation of resource elements within inefficient urban land units. The results demonstrate that this step-by-step intelligent identification method can effectively reveal and analyze the characteristics and mechanisms of inefficient urban land, offering a new approach to refined governance and planning interventions in the new era.

* 国家重点研发计划“面向建成环境空间优化的智能化城市设计关键技术”(项目编号: 2024YFC3807900); 东南大学博士研究生创新能力提升计划(项目编号: CXJH_SEU 26058); 根据第7届“金经昌城乡规划研究生优秀论文遴选”入选论文改写

随着我国进入以存量规划为主的新型城镇化阶段,对城市低效用地的识别再利用已成为实现城市更新升级再发展的重要路径,也是促进城市经济增长方式转变的重要举措。然而,城市低效用地的识别却成为规划实践中的难题^[1]。2023年自然资源部发布《关于开展低效用地再开发试点工作的通知》,提出在43个城市开展低效用地再开发试点,激发了全国大城市对低效用地的深入研究与治理政策出台。为此,如何准确精细地识别城市中复杂多样的低效用地,制定科学合理的低效用地规划对策,成为当前城市空间规划领域的重要议题。

1 城市低效用地的内涵反思与识别难题

1.1 面临的困境:城市低效用地的内涵转变

当前我国城市发展重心已逐渐转向主城区内部高密混合空间的更新提质^[2],这意味着城市低效用地的内涵也急需战略层面的升维与外延。从原先自上而下重用地投入产出比的单一认知,转向一种自下而上更重视人本效能的视角,更多从城市人对用地使用的综合效益去评判用地发展质量。这种内涵转变有助于城市从已经形成的资产中转化出新的现金流,同时对城市活力的再提升与可持续发展具有重要作用^[3]。

基于此,城市低效用地识别的对象将不只是财政经济回报潜力大的外围产业用地、城中村等,而是逐渐转向城市主城区内大量综合效益低下的高密混合用地。城市主城区内低效用地的复杂特征,首先体现在其受区位因素影响显著,其次体现在其内部承载着大量人群活动、空间经济和功能业态等多元要素,以及要素间相互作用影响的复杂交织状态^[4],最后也体现在其内部精细用地单元构成的复杂混合状态。因此,新时期城市低效用地识别急需一种更以人为本、更精细智能的方法作为补充。

1.2 过往城市低效用地识别的方法及特点

过往规划实践在城市低效用地的识别方法上,往往以“旧、乱、差”等表

层特征作为识别关键词^[5-6],普遍采用一种“系统科学”的分析方法,首先按不同功能分门别类地建立城市用地评价指标体系,指标设定也更侧重于地均产出等经济指标,然后收集各种数据进行综合复杂的分析计算,最终对结果进行检验认定^[7]。同时对不同区位的城市用地一视同仁,忽视了区位外部性对土地利用效率的影响^[8]。此类方法所需数据更新慢覆盖不全,且按不同功能分类识别,易出现以单个项目出发、房地产项目主导的情况,使得识别结果局部化、目标单一性明显^[9]。

归根结底,当前城市低效用地的内涵认知仍较为局限,尚未形成统一的内涵外延,其识别方法本质上是一种自上而下“算账式”的工作模式,以政府土地财政税收、地方考核指标完成为主导,通过二维经济指标对三维空间使用进行评价,并非以城市用地的人本综合使用效益为核心考核标准。

1.3 内涵转变下城市低效用地识别的关键技术难点

内涵的转变意味着方法的改变。近年来,国内外越来越多的研究开始通过更微观动态的大数据来对城市低效用地进行识别。如:林海远等^[10]尝试利用夜间灯光数据和空气质量数据等来表征用地的社会经济特征,研究社会经济因素对低效用地的影响;刘生军等^[11]立足四个价值导向,选取十六个评价因子建构识别模型对低效用地进行评价叠加识别;Jin等^[12]提出了融合建筑、POI、交通、环境等多源数据的综合方法,用于识别居住、商业和工业类的低效城市用地;Koroso等^[13]试图利用高分辨率遥感数据对城市土地利用效率的时空变化进行分析。综上,当前国内外的识别方法已出现了运用更微观多源城市大数据的趋势,这符合城市空间规划日益精细化和动态治理的要求,但普遍仍局限于单一功能用地,无法识别混合功能的低效用地。同时识别结果对指标权重依赖度高,导致低效用地识别结果的有效性 with 适用性不佳。针对上述现状,笔者认为以下3点关键技术缺失需要重点关注解决。

(1) 缺乏对低效用地条件差异性的考虑。城市中不同区位条件用地的发

展质量不应以固定的指标标准去衡量。假设存在两块各类指标相近的商业用地,其中位于城市外围的用地应被识别为高效益用地,而位于城市中心的用地,若其综合效益相较于邻近的其他商业用地较低,则应被判定为低效用地。

(2) 忽视了低效用地内部要素间的耦合协同。城市用地内部各系统间存在协同作用效应,当前普遍通过指标集成后“一刀切”的方法,未考虑用地内部不同要素系统间以及各最小用地单元间的相互作用与协同效应。城市低效用地的成因其实是其内部资源要素间的错配,导致系统运行的冲突与矛盾。

(3) 难以精细识别出最小用地单元的低效用地。城市主城区内的混合用地街坊普遍由若干最小用地单元混合构成,因此如何在初步识别出低效用地的基础上,进一步精细识别出用地内部最小用地单元的低效用地,并解析其内在低效机理,有待进一步深入研究。

2 城市低效用地逐级智能识别的内涵与方法优化

2.1 “人地业”协同视角下城市低效用地识别的内涵解析

对城市主城区内高密混合用地的发展质量评价,首先需要考虑地区位的空间外部性。城市用地的相对效率受用地所处客观区位条件的影响显著,包括用地的交通区位、地价区位和结构区位,因此低效用地的评估应建立在差异化的客观区位条件分阶上,进而从人本使用视角对城市用地的综合效益进行考察,包括人群活动、空间经济和功能业态三大系统。需要指出的是,“人地业”协同视角下用地综合效益的高质量发展,不仅是指用地内部各子系统的综合值达到一个较高的水平,更指各子系统间资源要素的合理配置与耦合协同^[14],从而使用地利用效率达到系统最佳的程度,即“人地业”各系统的高质量协同发展(图1)。

因此,“人地业”协同视角下低效用地的内涵为:在相同区位等级下,城市低效用地内部“人地业”子系统间存在资源错配,引发的矛盾冲突导致了用地整体低效^[15]。例如城市中心某一以居住

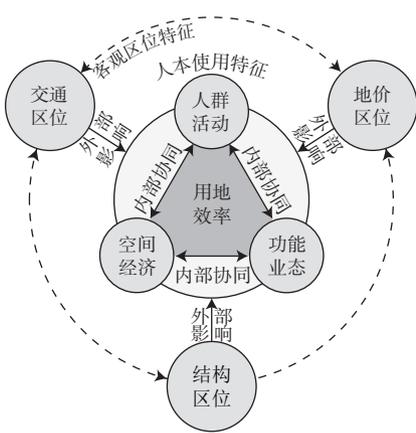


图1 “人地业”协同视角下城市低效用地识别的内涵

Fig.1 Connotation of identifying urban inefficient land-use from a "human-land-industry" coordination perspective

功能为主的混合用地，其周边具有较高的人流量，但其整体容积率偏低且缺乏功能业态配置，则易成为城市中心消沉的阴影区^[16]。同时，这种内部“人地业”子系统的矛盾冲突也体现了内部地块单元空间与功能布局的不合理，导致系统整体的效率降低。例如，某一商业功能为主用地，内部因存在中小学教育地块而导致二者相互干扰，从而使用地整体效率不高。而城市用地的区位特征和“人地业”系统特征的可测度性，最小产权用地单元的边界明确性，以及“人地业”大数据的精度支撑，是城市低效用地可精细识别的客观依据。

2.2 逐级智能识别：城市低效用地识别的方法路径优化

基于城市低效用地识别的理论依据与客观依据，本研究尝试提出一种“人地业”协同视角下的城市低效用地逐级智能识别方法。所谓逐级智能识别，是指城市低效用地识别的3个层级，即在“人地业”协同视角下，随着识别层级的递进城市低效用地的识别精度与解析深度将逐级提升（图2）。

首先，建构城市用地区位分阶模型和“人地业”耦合协调模型，对城市用地的区位分阶特征、“人地业”三大子系统特征及各子系统间的耦合协调程度进行测度，以此通过各类指标的阈值划分与特征组合，对城市低效用地进行整体

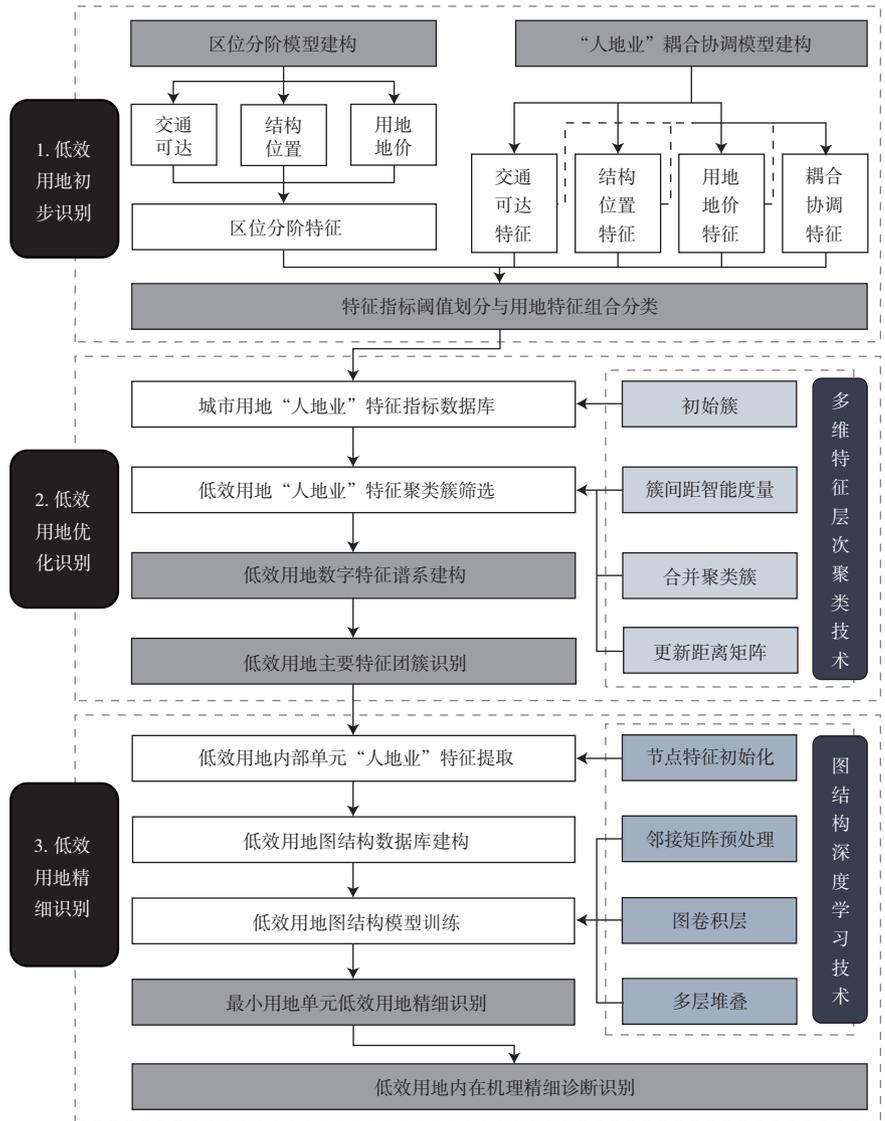


图2 “人地业”协同视角下城市低效用地逐级智能识别的方法框架

Fig.2 Methodological framework for the hierarchical intelligent identification of inefficient urban land-use from a "human-land-industry" synergy perspective

层面的初步识别。

其次，在“人地业”特征指标计算的基础上，通过智能算法对用地子特征指标进行聚类筛选，并与第一轮结果集成建构低效用地的“人地业”数字特征谱系。通过子特征指标聚类筛选出的低效用地特征聚类簇，可以挖掘识别出“人地业”数据中的新特征，并优化识别阈值的设定边界，在使第二轮识别更为精细优化的同时，兼顾识别结果的可解释性。

最后，针对低效用地内部的最小用地单元，提取其“人地业”特征转化为图结构数据，通过图神经网络模型对内

部细分用地进行分类，精细识别出最小用地单元的低效用地。在最小用地单元尺度下，更加注重各用地单元在功能、空间上的协同效应，对于低效用地的内在机理解析尤为重要。

逐级智能识别本质上是一种人本视角的城市要素资源精细配置思想，通过逐级提升识别精度与深度，智能识别出城市低效用地的资源要素错配特征和精细尺度下的低效机理。一方面，城市低效用地识别需要兼顾多维度与多尺度下的特征，而逐级智能识别能够将城市低效用地识别的复杂问题进行分层拆解，有利于不同层级间的交互反馈与校正，

以逐步提升低效用地识别的准确度与精度。另一方面,新内涵下城市低效用地识别对象具有多元要素复杂交织的特征,通过智能技术的引入能够挖掘出人为无法识别的低效用地特征。

3 数据与方法模型建构

3.1 研究范围与数据

本研究以南京主城区为研究对象。该区域面积312.5 km²,主要包括鼓楼区、秦淮区、玄武区、建邺区,以及雨花台区、栖霞区、江宁区在绕城公路以内的部分区域^[17]。南京作为长三角重要的省会级特大城市,主城区发展较为成熟,然而在存量提质的大背景下,其内部大量城市低效用地亟待识别与更新。因此,选择南京主城区为研究区域,具有现实的必要性和借鉴意义(图3)。

研究数据为2023年南京市主城区范围某一工作日的移动位置服务(LBS)数据、建筑矢量数据、POI数据、道路数据、房价数据和用地数据。LBS数据通过向运营商购买的方式获取,所获取信息包括匿名化处理后的手机用户ID及其时间和空间位置信息。建筑矢量、道路与用地数据通过OpenStreetMap开源地图所得,POI数据通过高德地图爬取,房价数据通过链家网站爬取。所有数据均为2023年数据。

3.2 区位分阶模型建构

城市用地的客观区位特征主要由用地在城市结构网络中的交通可达性、结构中心性和用地地价分布特征决定^[18],因此通过这三类指标对城市用地的客观区位特征进行测度。其中,交通可达、结构中心特征均通过空间句法软件进行计算,并利用反距离权重插值得到单位用地属性,用地地价特征则通过用地内物业的平均房价计算(表1)。通过三类特征指标的归一化处理,测得城市用地的综合区位特征:

$$L_i = \frac{T_i + N_i + P_i}{3}$$

式中, T_i 为用地的交通可达特征, N_i 为用地的结构位置特征, P_i 为用地地价特征, L_i 为综合区位特征。考虑到各特征指标对城市用地区位的影响作用同等重要,三者系数均赋值为1/3。通过自

然间断点法对 L 值进行分阶划分,可将城市用地区位分为四个阶层:核心区、次核心区、一般区和边缘区。

3.3 “人地业”耦合协调模型建构

本研究从城市用地的人本使用视角,构建城市用地人群活动、空间经济和功能业态三大系统的“人地业”特征指标体系^[19],并利用多源大数据进行测度(表2)。人群活动系统的特征指标,计算工作日上午、下午和夜晚三个时段的人流点密度,以表征城市用地全人群活动情况。空间经济系统的特征指标,建筑空间开发建设特征作为表征,选取容积率、建筑密度和建筑平均高度三个指标。功能业态系统的特征指标,从城市用地所能提供的生产、商业和公服功能三个方面进行设置,弥补了传统低效用地识别只重经济生产功能的不足。

值得说明的是,由于城市各系统要素在用地空间上的强关联性,因此在“人地业”耦合协调模型的研究单元选取上,选取四周均由城市道路围合的城市用地街坊,而逐级智能识别的模式特征是先建立城市用地街坊层面的低效用地数字特征谱系,再进一步精细识别出内部最小用地单元的低效用地。

通过各系统特征指标的归一化处理与熵权法指标集成,对多源数据量纲进行统一,得到人群活动、空间经济和功能业态三大系统的综合指标,进而测度用地系统的耦合度:

$$C_i = \frac{3\sqrt[3]{V_i \times S_i \times F_i}}{V_i + S_i + F_i}$$

式中,根据现有文献将耦合度 C 值划分为4个区间:(0,0.3]为低水平耦合,(0.3,0.5]为拮抗阶段,(0.5,0.8]为磨合阶段,(0.8,1]为高水平耦合^[20]。

耦合度主要侧重于不同系统间的联

系性与依赖性,而耦合协调度则在此基础上,纳入了对系统间协同质量的综合评价,因此城市用地效率的提升更依赖耦合协调度的增强^[21]。进一步对城市用地“人地业”系统间的耦合协调度进行测度:

$$D_i = (C_i \times T_i)^{\frac{1}{2}}$$

式中, $T_i = \alpha V_i + \beta S_i + \gamma F_i$, 考虑到“人地业”各子系统对城市用地系统的影响作用同等重要, α 、 β 、 γ 待定系数均赋值为1/3。参考相关文献,将耦合协调度 D_i 值划分为5个区间:(0,0.4]为严重失调,(0.4,0.5]为中度失调,(0.5,0.6]为基本协调,(0.6,0.7]为中度协调,(0.7,1]为高度协调^[22]。通过对三大子系统耦合协调度的测度,可以量化识别各系统间的协同程度与冲突矛盾,以初步解析城市低效用地形成的内在机理。

3.4 “人地业”数字特征谱系建构

“人地业”数字特征谱系的首要作用,是将主城区城市用地的多维特征以数字谱系的方式进行结构重构,以形成主城区城市用地“人地业”特征的系统性数字分类。具体方法上,通过调用Py-

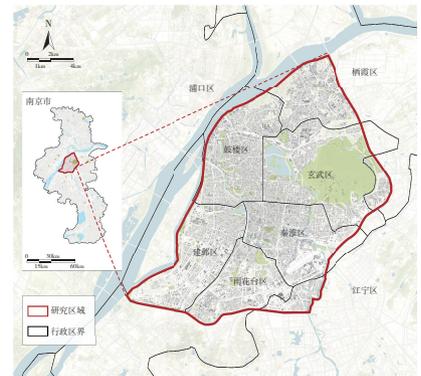


图3 研究区域与范围
Fig.3 Study area and scope

表1 城市用地区位特征指标

Tab.1 Location characteristics of urban land-use areas

特征指标	计算公式	说明
交通可达特征 T	$\sum_{y \in R_i} \frac{p(y)}{d(x,y)}$	$p(y)$ 为搜索半径 R 内节点 y 的权重, $d(x,y)$ 为节点 x 到节点 y 的最短拓扑
结构位置特征 N	$\sum_{y \in N_i} \sum_{z \in R_i} \frac{OD(y,z,x) \cdot p(z)}{Links(x)}$	$OD(y,z,x)$ 为搜索半径 R 内通过节点 y 与节点 z 之间的最短拓扑距离
用地地价特征 P	$\sum \frac{Sum_{p_i}}{n}$	p_i 为房价兴趣点的价格, n 为用地内房价兴趣点的数量

thon 中 Scikit-learn 库的层次聚类算法^[23], 对城市用地街坊的区位分阶、人本效能和耦合协调特征层的最小子特征进行层次聚类, 以单个用地街坊为单元自下而上迭代合并构建聚类树^[24], 以输出城市

用地的“人地业”数字特征类型谱系(图4)。

数字特征谱系的核心作用, 是通过筛选城市用地数字特征谱系中的低效用地聚类簇, 并与低效用地初步识别结果

进行集成互补, 实现城市低效用地的第二轮优化识别。城市低效用地的识别本质上是一种精细化分类的科学问题, 基于“人地业”数字特征谱系的城市低效用地第二轮优化识别, 是通过最小分类特征指标的层次聚类与数字特征谱系建构, 能够实现对城市低效用地整体与局部的再认识, 并挖掘城市低效用地间潜在的特征关联, 从而实现相比于初步识别结果更加精细的优化识别。

3.5 低效用地单元精细识别模型建构

城市低效用地的最小识别单元, 是城市混合用地内的独立用地, 事实上, 城市主城区低效用地的成因往往是其内部用地单元间的矛盾冲突, 包括各用地单元的“人地业”要素不合理以及各用地单元的布局结构不合理。而图神经网络模型(GNN)能够挖掘由节点和边组成的不规则图结构数据的高级特征, 进而对图结构节点进行自动分类, 其潜力已在各种分类问题中得到证明^[25-26], 因

表2 城市用地“人地业”特征指标体系
Tab.2 Indicator framework for "human-land-industry" systems

特征维度	特征指标	计算公式	说明
人群活动系统 V	上午人群活力 V_1	Sum_{T_1}/A	T_1, T_2, T_3 分别为工作日 6—12 时、12—18 时、18—24 时用地单元内的手机信令点, A 为用地单元的面积
	下午人群活力 V_2	Sum_{T_2}/A	
	夜晚人群活力 V_3	Sum_{T_3}/A	
空间经济系统 S	容积率 S_1	$\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{A}$	A_i 为用地单元内建筑单体的建筑面积, S_i 为用地单元内建筑单体的占地面积, H_i 为用地单元内建筑单体的高度, A 为用地单元的面积, n 为用地单元内建筑单体的数量
	建筑密度 S_2	$\frac{\sum_{i=1}^n S_i}{A}$	
	建筑平均高度 S_3	$\frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$	
功能业态系统 F	生产功能密度 F_1	Sum_{S_i}/A	S_i 为用地单元内的生产功能兴趣点, O_i 为用地单元内的商业功能兴趣点, P_i 为用地单元内的公服功能兴趣点, A 为用地单元的面积
	商业功能密度 F_2	Sum_{O_i}/A	
	公服功能密度 F_3	Sum_{P_i}/A	

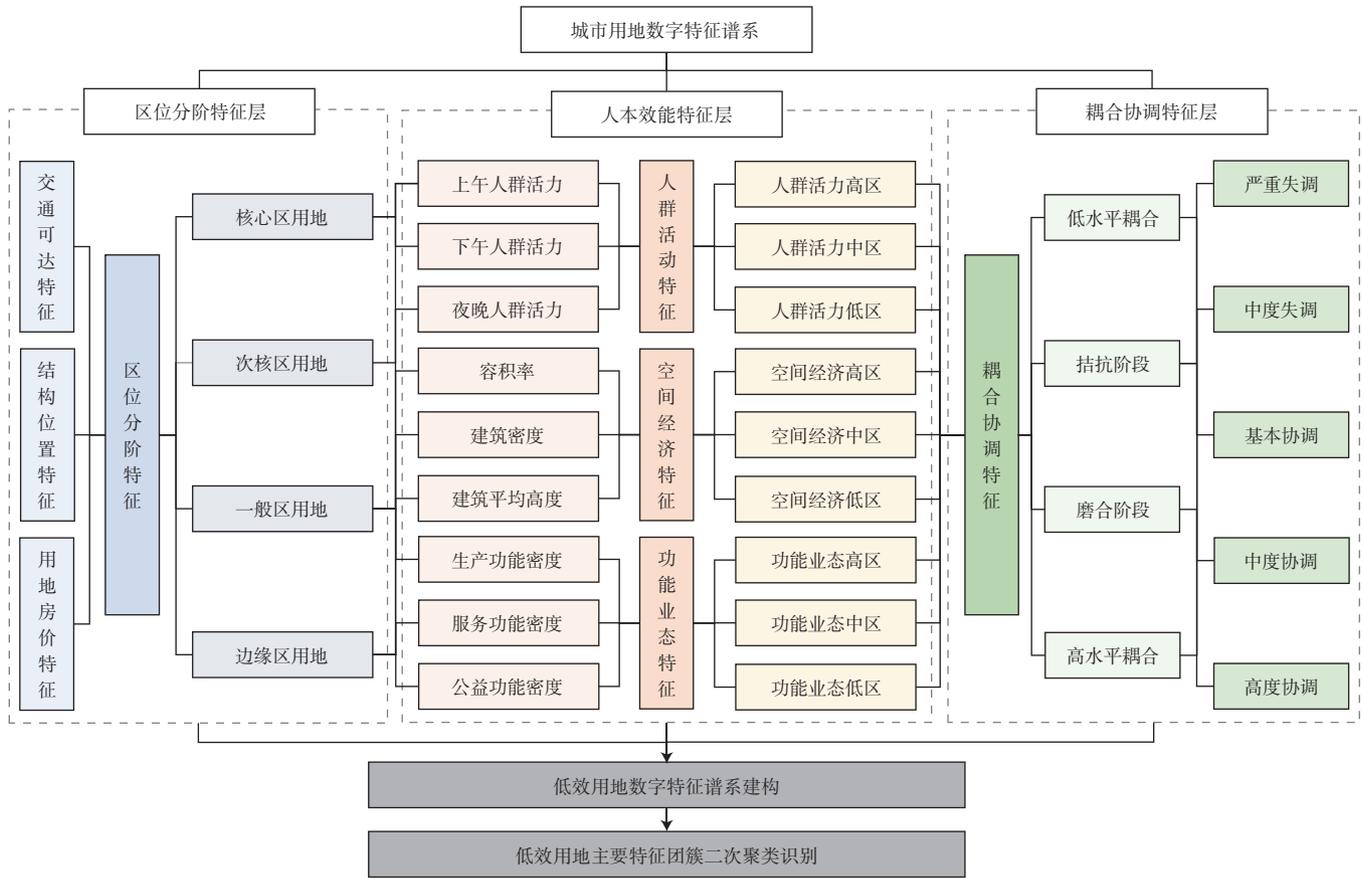


图4 “人地业”协同视角下的低效用地数字特征谱系建构

Fig.4 Constructing a digital feature spectrum for inefficient land uses from a "human-land-industry" synergy perspective

此本文将其迁移到最小用地单元低效用地的分类识别中。

基于第二轮优化识别得到的低效用地，提取其内部最小用地单元的“人地业”特征，以用地单元自身特征作为节点特征，以用地单元间的空间联系作为边，构建城市用地单元的图结构数据库。选择更适合于分类学习的空间域卷积 GraphSAGE 模型对数据进行训练^[27]，使模型能够自动对城市用地图结构中的低效节点进行分类识别。模型对节点分类的性能通过 Accuracy（准确率）、 F_1 -score（调和平均数）两个指标进行表示，计算公式如下：

$$Accuracy = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$F_1 = \frac{2 \times TP}{2 \times TP + FP + FN}$$

式中， TP 为识别正确预测的低效地块数量， FP 为负样本错误预测为低效地块的数量， FN 为遗漏识别的低效地块数量。同时，模型输出的分类结果也可以进一步识别出其中相对低效的用地单元组合，以指导低效用地内在机理的深层次解析（图5）。

4 城市低效用地的逐级智能识别探索与特征机理解析

4.1 基于分阶特征组合的低效用地第一轮初步识别

城市低效用地的第一轮识别，是基于区位分阶模型和“人地业”耦合协调模型的特征指标计算，通过用地指标分

阶后的特征组合，对城市低效用地进行初步识别。具体识别方法上，首先对南京主城区城市用地的区位特征进行测度，由于南京主城区不同区位的城市用地发展利用水平差异较大，因此在区位分阶阈值的选取上，按照核心区、次核区、一般区和边缘区对南京主城区用地区位进行分阶 [图 6(a)]。

由于不同区位分阶条件下的城市土地利用效率没有直接可比性，因此城市低效用地的初步识别需要在相同区位分阶下，对城市用地的“人地业”特征进行横向比较。通过对城市用地的人群活动、空间经济和功能业态特征的测度，在不同区位分阶下对“人地业”量化测度特征进行高、中、低的阈值划分。进而测度城市用地“人地业”各系统间的耦合协调度，根据数据实际分布特征，将其中基本调整、中度协调与高度协调的用地划为高耦合协调类型。基于此，通过“人地业”特征指标的分阶特征组合，初步识别出不同区位分阶下 16 种类型的城市低效用地共 267 块 [图 6(a) 和 (b)]。需要说明的是，由于南京市尚未出台关于低效用地认定的官方文件，因此本研究结果可为相关工作提供参考和借鉴。本研究将识别结果与《南京市城市更新行动计划（2024—2026 年）》中划定的更新单元相对比，识别结果具有较高的空间重合性，在一定程度上印证了结果的有效性。

4.2 基于多维特征聚类的低效用地第二

轮优化识别

与第一轮初步识别的不同之处在于，第二轮是对城市用地街坊的最小子特征层进行层次聚类，然后将第二轮最小子特征层的层次聚类结果作为第一轮阈值分阶分类结果的补充与优化。通过智能算法层次聚类的结果可以弥补第一轮初步识别忽略的低效用地分类的层次结构和内在联系，同时通过聚类树中的距离高度能够优化低效用地划分的阈值。具体方法上，首先通过扩充犹豫度对用地特征数据进行预处理，然后将每个用地特征数据看成一个基本类，计算类间的加权距离并找出最小距离合并成新的类，继续构造新类中心点并计算与其他类之间的加权距离，不断合并直至聚成一类，最终得到用地特征聚类结果。

结合第一轮初步识别结果，通过聚类树不同位置的水平切面，从中提取符合低效用地特征的聚类簇，并与初步识别结果进行集成整合，形成低效用地的谱系聚类树，其中每个节点的大小代表低效用地的数量，每个节点具有该特征层的具体数值区间。根据用地街坊层面低效用地“人地业”特征的核心问题类型，进一步对树状图谱的典型特征簇进行归并识别，建构完整的城市低效用地的数字特征谱系（图7）。

4.3 基于图结构深度学习的低效用地第三轮精细识别

城市用地的低效，其内在机理是由于用地内部最小用地单元间“人地业”

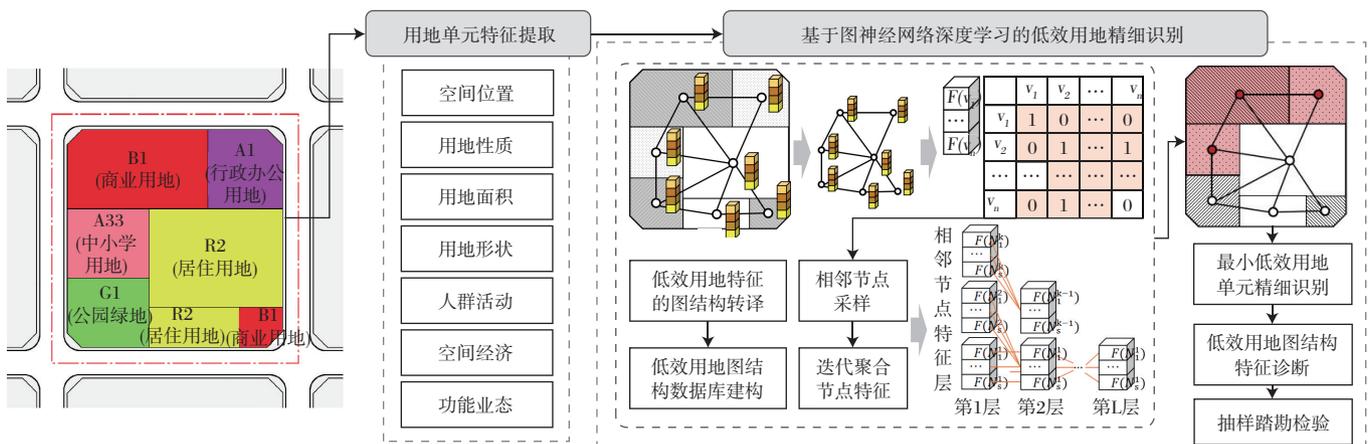


图5 低效用地最小单元精细识别模型

Fig.5 Fine-grained identification model for the smallest unit of inefficient land uses

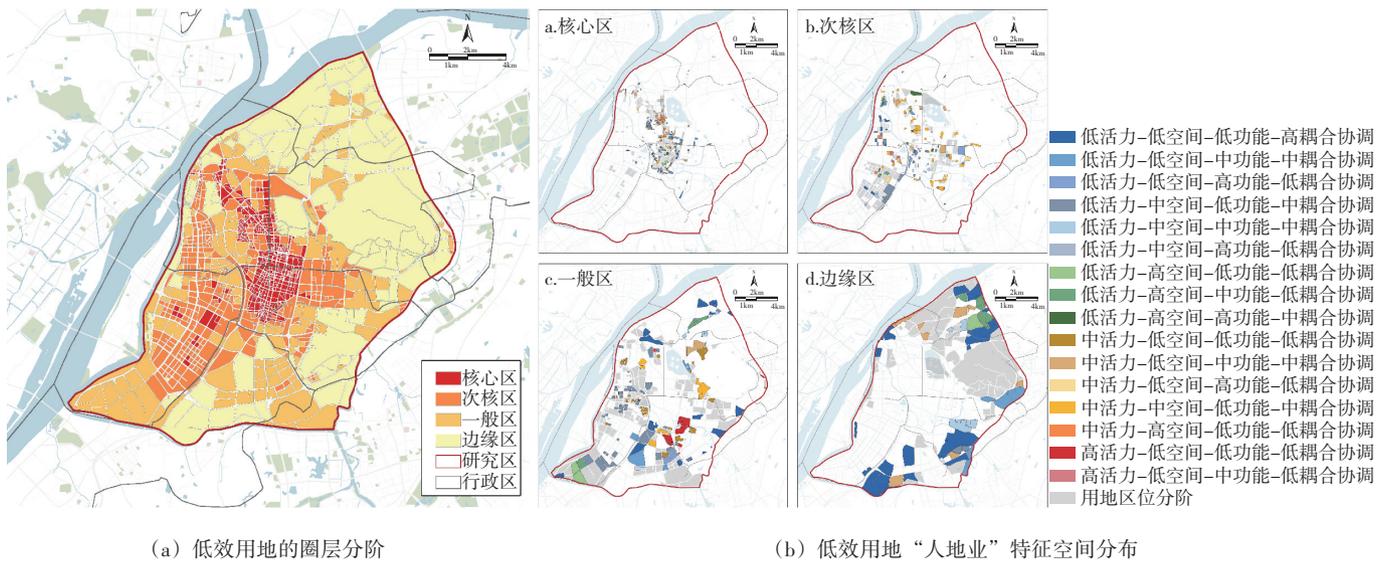


图6 分阶特征组合的低效用地第一轮初步识别
Fig.6 Preliminary identification of inefficient land uses in the first round of hierarchical feature combination

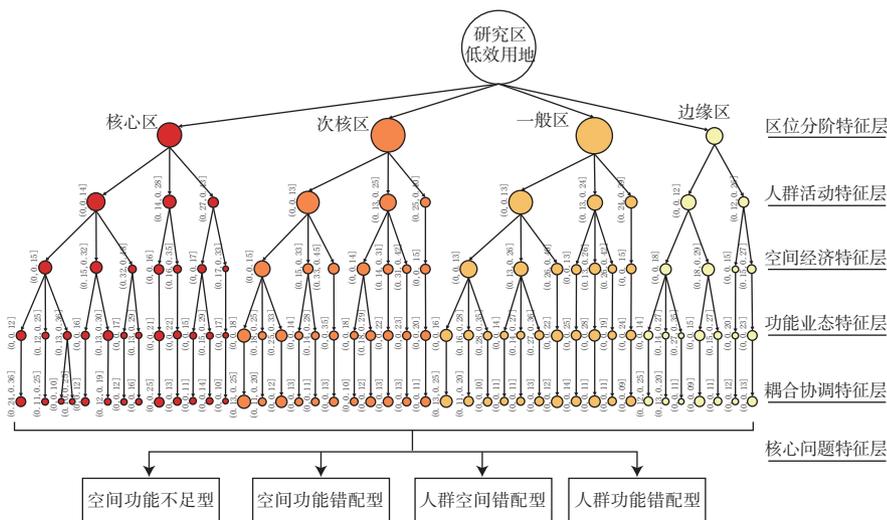


图7 数字特征谱系的低效用地第二轮优化识别
Fig.7 Second round of optimization identification of inefficient land uses in the digital feature spectrum

要素的结构性错配。因此，第三轮低效用地的精细识别重点针对用地构成混合多元的低效用地，首先提取低效用地内部最小用地单元的“人地业”特征，并将其转译为点数据形式，进一步将空间相邻低效用地的空间关系转译为节点间的联系线，以此建构南京主城区低效用地内部特征的图结构数据库。其中，随机选取30%的低效用地单元图结构数据，通过实地调研结合专业规划师诊断的方

式对内部的相对低效地块进行标签处理，然后通过 GraphSAGE 模型对数据库进行训练，经模型训练准确率达 86.7%，模型调和平均数达 85.2%。利用训练好的模型对数据集整体进行低效节点分类识别，输出南京主城区城市低效用地内部的低效节点，并对识别结果进行分类归纳，提取了 4 类典型低效用地的内在机理模式（表 3）。

通过上述 3 轮城市低效用地的逐级

智能识别过程，最终使低效用地的识别精度达到城市用地内部最小用地单元的结构特征。同时能够揭示南京主城区内大量功能混合低效用地的内在结构性错配机理。具体包括：低效用地内部构成要素的错配，能够揭示低效用地内部“人地业”各要素配置的不合理；低效用地内部空间布局结构的错配，能够揭示低效用地内部各最小用地单元间空间布局的矛盾冲突。

4.4 逐级智能识别的城市低效用地特征与机理解析

基于南京主城区城市低效用地的逐级智能识别，针对不同层级的识别结果，从整体空间分布、核心特征结构和典型内在结构三个层面，总结南京主城区低效用地的三大核心特征，并解析其内在成因机理。

(1) 低效用地空间分布的圈层差异。“圈层差异”是指城市低效用地在不同区位分阶下具有不同的空间分布特征。在老城核心区层面，城市低效用地大多位于城市中心的“阴影区”。在次核区层面，呈“散点化”分布于城市用地肌理中，无明显空间集聚现象。在一般区层面，呈现出“簇群化”的特征，在城市特定节点形成集中分布。在边缘区层面，于后发地区集中连片，造成了空间上的

表3 四类典型低效用地图结构精细识别

Tab.3 Detailed identification of structure of four typical low-efficiency land uses

内在机理	空间封闭型			功能抵触型		
案例用地						
图结构机理	低效用地单元通常为图结构中心的居住用地单元,外围用地单元导致其内部封闭			低效用地单元通常为相连的若干不同功能类型的用地单元,耦合协调度低导致整体低效		
机理模式						
内在机理	畸零分割型			闲置短板型		
案例用地						
图结构机理	图结构中大部分节点均为低效用地单元,内部用地单元过多且边界不规则导致整体效率不高			低效用地单元通常为图结构边缘不相邻的节点,用地闲置导致整体利用效率不高		
机理模式						

“板块化”。出现这种现象,是因为城市社会经济发展水平在不同区位分阶下差异明显。

(2) 低效用地数字谱系的树状团簇。“树状团簇”是指城市低效用地数字特征谱系呈现出“树状分化”的结构特征,以及低效用地特征分枝整合后的四大“特征团簇”。低效用地四大“特征团簇”体现了低效用地内部“人地业”各子系统处于一种低耦合协调的状态。然而当前这种用地低效的状态又难以通过地块自身更新动力进行调整,从而使城市用地处于一种“人地业”各系统相对静止的低效状态。

(3) 低效用地内在结构的错配阻塞。“错配阻塞”是指城市低效用地内最小用地单元“人地业”要素构成结构、空间布局结构的错配,导致用地结构网络内部资源要素流动的阻塞,包括表3中4种典型类型。出现这种现象,是由于城市

用地规划具有不可避免的滞后性,过去制定的用地规划与当前土地使用诉求的矛盾,造成了大量用地内部存在结构不合理的低效状态。

5 规划应对探讨与总结

5.1 规划应对探讨

城市低效用地的识别再利用对推动城市的永续发展至关重要,但由于其涉及多元职能部门、利益主体间的博弈平衡等现实问题,低效用地的再利用离不开城市规划对城市公共资源统筹调配的核心作用。因此,本研究从整体引导、空间优化和制度设计三个层面,对城市低效用地再利用的规划应对进行探讨。

(1) 整体层面低效用地的分区分级分类引导。首先,根据城市低效用地识别的不同区位分阶,对城市核心区、次核区、一般区和边缘区的低效用地分别制定分级、分类的低效用地再开发引

导^[28]。在具体分级分类上,基于低效用地的数字特征谱系建立低效用地数据库,对提升潜力进行评级并分级,同时按照特征类型分类进行提升方式的差异化引导^[29]。

(2) 微观层面低效用地的精细化结构调整。根据低效用地第三轮精细识别结果,直接指导低效用地街坊内最小用地单元的结构调整,具体包括功能结构的调整,以及通过边界修改、拆分、整合等方法对用地单元空间布局进行调整^[30]。同时,需要发挥城市设计对微观层面空间营造的关键作用,通过城市设计促进低效用地的空间焕活与品质提升^[31]。

(3) 建立低效用地的多元灵活用地更新机制。低效用地再利用的落实同时要解决更新过程中的财务问题^[29],通过创新融资机制与多元化投资渠道的制度设计,为城市带来新的现金流与土地增值。例如贵阳市在低效用地方面开展“城市三变”的探索,让社会资金和市民共同深度参与,使社会投资人、市民和政府共同成为低效用地的更新、经营和管理者。

5.2 总结与反思

本文通过一种“人地业”协同视角下的逐级智能识别方法,以实现城市低效用地的多尺度的智能化、精细化识别。通过三轮的逐级识别,从整体系统到微观机理逐层深化了对当前城市低效用地的认知,为低效用地的规划应对与精细治理提供了决策依据。然而,城市的不均衡发展及内部博弈,注定会导致部分用地的相对低效,且随着城市能级的提升,对核心地带的土地综合效益会提出愈来愈高的要求,土地利用方式需要不断地转变和升级。因此对城市低效用地的识别需要根据城市发展变化及时动态调整,同时如何高效科学地融合高密度地区城市用地的社会经济等多维大数据,也是低效用地识别的一大难题。此外,更加科学实用的低效用地规划治理方法也有待后续开展研究。因此,本研究提出的逐级智能识别方法,不仅为探索城市主城区内高密混合用地的低效用地识别,更为抛砖引玉,希望能为今后城市低效用地识别方法创新提供思路

与参考,推动城市用地的高质量发展。

参考文献

- [1] 林坚,叶子君,杨红.存量规划时代城镇低效用地再开发的思考[J].中国土地科学,2019,33(9):1-8.
- [2] 赵燕菁.城市化2.0与规划转型:一个两阶段模型的解释[J].城市规划,2017,41(3):84-93.
- [3] 王世福,易智康,张晓阳.中国城市更新转型的反思与展望[J].城市规划学刊,2023(1):20-25.
- [4] 赵广英,宋聚生.城市用地功能混合测度的方法改进[J].城市规划学刊,2022(1):51-58.
- [5] 甄延临,瞿嗣澄,陈玉洁.节约集约背景下城市低效工业用地的更新路径与机制研究:以嘉兴市城北片区为例[J].城市发展研究,2023,30(11):9-15.
- [6] 李恺仑,王兴平.南京市产业园区闲置用地特征识别与治理策略[J].城市规划学刊,2024(4):76-83.
- [7] 杨少敏,李资华.城镇低效用地类型和认定标准探讨[J].中国国土资源经济,2021,34(2):42-48.
- [8] 王丹,方斌,陈正富.基于外部性理论的单中心城市土地经济效益测度与低效用地诊断研究:以扬州市区为例[J].中国土地科学,2018,32(6):61-67.
- [9] 唐世清,周振举,雷逢春.关于城镇低效用地再开发情况的调查与思考[J].中国土地,2018(8):38-40.
- [10] 林海远,金杰.城镇低效用地空间格局及其影响因素研究:以昆明市中心城区为例[J/OL].自然资源信息化.(2024-11-08)[2025-08-08].<https://link.cnki.net/urlid/11.xxxx.2024.11.001>.
- [11] 刘生军,赵嘉兴,麦霆锋,等.城市低效用地识别与统筹更新:以沈阳市沈河区为例[J].华中建筑,2022,40(4):117-121.
- [12] JIN R, HUANG C, WANG P, et al. Identification of inefficient urban land for urban regeneration considering land use differentiation[J]. Land, 2023, 12(10): 1957.
- [13] KOROSO N H, ZEVENBERGEN J A, LENGIOBONI M. Urban land use efficiency in Ethiopia: an assessment of urban land use sustainability in Addis Ababa[J]. Land Use Policy, 2020, 99: 105081.
- [14] 樊鹏飞,冯淑怡,苏敏,等.基于非期望产出的不同职能城市土地利用效率分异及驱动因素探究[J].资源科学,2018,40(5):946-957.
- [15] 姜晓晖.空间不匹配带来城市收缩的三重逻辑:制度空间位移、政策空间悖论与行为空间失衡[J].人文地理,2021,36(6):87-95.
- [16] 杨俊宴,马奔.城市阴影区的形态特征及模式机制研究:上海“人-地-业”多源大数据视角的实证[J].城市规划,2019,43(9):95-106.
- [17] 秦萧,张一鸣,甄峰,等.基于多源大数据的城市安全感评价与优化策略:以南京主城区为例[J].世界地理研究,2024,33(9):118-132.
- [18] 欧阳晓,朱翔,贺清云.基于空间区位条件的长株潭城市群城市用地扩张研究[J].经济地理,2020,40(5):183-190.
- [19] 黄邓楷,刘辉,周佩玲.自发地理信息支持下建成环境与移动型体力活动相关性荟萃分析[J].风景园林,2024,31(4):12-20.
- [20] LIU J, JIN X, XU W, et al. A new framework of land use efficiency for the coordination among food, economy and ecology in regional development[J]. Science of the Total Environment, 2020, 710: 135670.
- [21] 冯东海,沈清基.基于相关性和关联耦合分析的上海市生态环境优化思考[J].城市规划学刊,2015(6):75-83.
- [22] ZHOU H, WU X, NIE H, et al. Coupling coordination analysis and obstacle factors identification of rural living-production-ecological functions in a farming-pastoral ecotone[J]. Ecological Indicators, 2024, 158: 111398.
- [23] YU W. A mathematical morphology based method for hierarchical clustering analysis of spatial points on street networks[J]. Applied Soft Computing, 2019, 85: 105785.
- [24] ZHANG Q, WU Z, GUO G, et al. Explicit the urban waterlogging spatial variation and its driving factors: the stepwise cluster analysis model and hierarchical partitioning analysis approach[J]. Science of the Total Environment, 2021, 763: 143041.
- [25] ZHANG X, LIU X, CHEN K, et al. Inferring building function: a novel geo-aware neural network supporting building-level function classification[J]. Sustainable Cities and Society, 2023, 89: 104349.
- [26] YANG M, KONG B, DANG R, et al. Classifying urban functional regions by integrating buildings and points-of-interest using a stacking ensemble method[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2022, 108: 102753.
- [27] VELIČKOVIĆ P, CUCURULL G, CANSANOVA A, et al. Graph attention networks[C/OL]//6th International Conference on Learning Representations (ICLR). Vancouver, Canada: ICLR, 2018. [2025-08-08]. <https://openreview.net/forum?id=rjXMpikCZ>.
- [28] 官卫华,叶斌,何流.改革开放40年以来南京城乡规划发展的演进:兼谈新时代国土空间规划的融合创新[J].城市规划学刊,2019(5):32-41.
- [29] 赵渺希,林思议,岑晓璇.企业更替引致的城市空间闲置及规划干预模型[J].城市规划学刊,2023(3):75-84.
- [30] 衣霄翔,王淑钰,张郝萍,等.人口收缩背景下城镇建设用地的挑战与出路:以我国东北三省为例[J].城市规划学刊,2023(6):68-78.
- [31] 夏青,叶芳芳,王宁.国土空间规划视角下存量地区总体城市设计实践:以深圳龙华区为例[J].城市规划学刊,2022(增刊1):127-135.
- [32] 赵燕菁.城市更新中的财务问题[J].国际城市规划,2023,38(1):19-27.