

基于空间效率与游憩需求匹配的城市小微绿地布局优化研究——以十堰市主城区为例

Research on Layout Optimization of Urban Micro Green Space Based on the Matching of Space Efficiency and Recreational Demand: A Case Study on the Main Urban Area of Shiyan City

王云才^{1,2,3*} 卢星昊¹ 陈照方¹ 盛 硕¹
WANG Yuncai^{1,2,3*} LU Xinghao¹ CHEN Zhaofang¹ SHENG shuo¹

(1. 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2. 教育部生态化城市设计国际合作联合实验室, 上海 200092; 3. 同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室, 上海 200092)

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai, China, 200092; 2. Joint International Research Laboratory of Eco-urban Design, Ministry of Education, Shanghai, China, 200092; 3. Key Laboratory of Ministry of Education of Ecology and Energy-saving Study of Dense Habitat of Tongji University, Shanghai, China, 200092)

文章编号: 1000-0283(2022)05-0011-09
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2022. 05. 0011. 002
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2022-03-03
修回日期: 2022-03-31

摘 要

当下以扩张为主要形式的城市化进程加剧了人地矛盾, 这一问题在建设用地困难的城市中尤为突出, 小微绿地可以在有限建设面积下填补服务盲点, 提供高效的游憩服务。十堰市作为南水北调中线上重要的山地城市, 绿地建设受诸多因素限制。本研究从场地可达性、空间服务效率与空间使用效率三个维度构建小微绿地空间效率测度体系, 以地块为研究单元, 对十堰市小微绿地空间效率进行测度。基于空间效率与游憩需求的匹配结果识别需求点, 从碎片化的绿斑与“退二进三”的工业用地中选取潜在小微绿地建设点, 以实现最大覆盖范围为目标, 综合运用K-Means模型与LA位置分配模型, 针对现状“低效率—高需求”地块进行小微绿地选址与布局优化。研究结果表明:(1)在十堰市现状有限小微绿地的覆盖范围下, 低效率与较低效率地块数量分别占总数的19.1%与20.2%, 大量的服务盲区更是造成了绿地的供需失调;(2)63.45%的地块处于低效率与高需求的矛盾状态, 居民的游憩需求无法得到满足。研究通过模型优化, 在保持现有绿地布局的基础上, 新增113处小微绿地, 实现最大范围覆盖城市需求点。对比优化前后的结果表明:(1)空间效率方面, 低空间效率地块由46块减少至29块, 较高空间效率地块由59块增至138块, 高空间效率地块由31块增至101块;(2)空间效率与游憩需求匹配方面, 低效率—高需求地块的数量占比由63.45%减少至17.73%, 达到预设目标, 优化后的布局提升了居民享有小微绿地游憩服务的机会。

关键词

小微绿地; 空间效率; 游憩需求; 布局优化; 聚类模型; 位置分配模型; 十堰市

王云才

1967年生/男/陕西汉中/博士/教授, 博士生导师/同济大学建筑与城市规划学院生态智慧与生态实践研究中心, 同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室主任/研究方向为图式语言与景观生态规划设计教学、科研和工程实践

卢星昊

1999年生/男/江苏南京人/在读硕士研究生/研究方向为景观生态规划、风景园林规划设计

陈照方

1989年生/男/河南郑州人/在读博士研究生/研究方向为景观生态规划、风景园林规划设计

Abstract

Urban sprawl is now paving out the land, which leads to the contradiction between land and man. This problem is particularly prominent in cities where construction land is rugged. Microgreen spaces can reduce unserved zones under limited construction areas and provide efficient recreational services. Shiyan City, a significant mountainous city on the middle line of the south-to-north water diversion project, is restricted by various factors in planning its green spaces. This research establishes evaluation methods for microgreen spaces and takes the block as the research unit to measure the space efficiency of microgreen spaces in Shiyan City. Then based on the matching results of space efficiency and recreational demand, the demand points are identified. The potential microgreen space construction points have been selected from the fragmented green spaces and the industries that will suppress from the second industry to the third industry. The k-means and LA location-allocation models are comprehensively operated to optimize the site selection and layout of small and microgreen space for the current “low efficiency-high demand” plot to achieve maximum coverage. The research results show that: (1) Under the current limited range of miniature and microgreen spaces in Shiyan City, the number of low-efficiency and low-efficiency plots accounted for 19.1% and 20.2% of the total, respectively, and a large number of service blind spots caused the supply and demand of green space. (2) 63.45% of the plots are in a contradiction between low efficiency and high demand, but residents’ recreational needs rarely are met. Through

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: wyc1967@tongji.edu.cn

基金项目:
国家自然科学基金面上项目“图式语言尺度嵌套机理及其适应型设计”(编号: 51978479)

model optimization, the study added 113 small and microgreen spaces based on maintaining the existing green space layout to achieve maximum coverage of urban demand points. Comparing the results before and after optimization shows that: (1) In terms of space efficiency, the low space efficiency plots decreased from 46 to 29, the high space efficiency plots increased from 59 to 138, and the high space efficiency plots increased from 31 plots. (2) Regarding space efficiency and recreational demand matching, the proportion of low efficiency-high demand land plots has been reduced from 63.45% to 17.73%, reaching the preset target. The optimized layout improves residents' enjoyment of small and microgreen spaces opportunities for recreational services.

Keywords

micro green space; space efficiency; recreational demand; location optimization; clustering model; location allocation model; Shiyan City

小微绿地 (Micro Green Space) 作为城市开放空间和地表系统的组成部分, 是城市中大量发挥绿化作用、分布广泛的一种绿地类型^[1], 同时也是与居民日常联系最为紧密的新型城市开放空间^[2]。目前小微绿地仍未形成一个统一、清晰的定义, 包括对尺度和类型界定。国外学者 Peschardt 等^[3]将面积不超过 5 000 m², 并具有植被覆盖、明确的入口和边界的绿地称为微型公共绿地 (Small Public Urban Green Spaces, SPUGS), 而其在国内通常被称为口袋公园。《城市绿地分类标准》(CJJ/T85-2017) 将社区公园的规模限定为宜大于 1 hm², 此外周聪惠等^[4-5]依据国内现行绿地分类标准, 将小微绿地的尺度限定为小于社区公园门槛面积。依据已有文献研究与小微绿地实际建设情况, 本文将研究对象界定为面积小于 1 hm², 具有一定配套设施与植被, 边界明显区别于周边环境的城市绿地。

相较于大体量公园绿地, 小微绿地的优势在于实现了城市土地资源的精细化利用, 使服务更加高效, 可以在有限建设面积下填补服务盲点、见缝将自然绿意归还城市居民, 从而提升城市生态系统文化服务质量。由此可见, 如何结合市民的游憩需求对小微绿地进行精准的布局调控、优化和提升服务绩效成为当前规划实践的重要挑战^[6]。本研究选

取湖北省十堰市主城区作为研究案例, 构建了针对城市小微绿地空间效率的测度评价体系, 并结合城市居民的游憩需求对城市碎片型存量空间进行挖潜和高效利用, 提出科学合理的小微绿地布局优化策略, 以期对未来的城市绿地建设提供有效的指导建议。

1 研究方法与技术路径

1.1 小微绿地的空间效率测度指标体系构建

空间服务性是公共设施的重要特征, 当人口所需求的公共服务资源分配与设施的供给匹配时才可以被认为是有效率的^[6]。McAllister^[7]在 1976 年首先将公平与效率的概念引入公共设施选址的研究领域, 此后 Kyushik 等^[8]利用服务人口比、服务面积比、服务容积率这三项评价指标, 基于 GIS 网络分析方法, 对首尔市城市绿地的实际可达性和服务效率进行测度。牛爽等^[9]从供给、需求与可达性三个方面分别选取指标, 测度步行、跑步和骑行三种方式下公园配置的公平性。现有的空间效率测度体系已从围绕服务人口与服务面积两个层面, 不断完善为多层级、多因子的测度体系。本研究借鉴上述研究成果, 从三个层面表征小微绿地的空间效率: 场地可达性 (B₁)、空间服务效率 (B₂) 与空间使用效率 (B₃) (表 1)。依据 2019 版的《城市绿地规

划标准》(GB/T51346-2019), 小于 1 hm² 的绿地服务半径为 300 m^[10], 因此本研究以 5 min 成本时间生成小微绿地的服务覆盖范围。

(1) 场地可达性 (B₁)。B₁ 是空间效率的基础, 可以用以评估城市绿地为居民提供服务的可能性或潜力^[11]。对于场地可达性的表征可以通过城市路网整合度 (C₁)、路网连接度 (C₂) 与邻近距离均值 (C₃) 三个因子体现。路网整合度 (C₁) 是指路网中路段与其他路段的离散集聚程度; 路网连接度 (C₂) 则反映了各节点间依靠路网相互连通的强度^[12]; 邻近距离均值 (C₃) 指小微绿地至步行覆盖范围内居住区几何中心的平均距离^[13]。上述因子中, 路网整合度与连接度由 DepthMapX0.5 计算生成后在 ArcGIS10.8 中被转换为各地块平均路网整合度与连接度, 各因子计算公式如下:

$$C_1 = \frac{2(MD_i - 1)}{n - 2} \quad (1)$$

$$MD_i = \frac{\sum_{j=1}^k d_{ij}}{n - 1} \quad (2)$$

其中, C₁ 为路网全局整合度; n 为网络内总轴线数或总节点数; MD_i 为平均深度值。

$$C_2 = k \quad (3)$$

其中, C₂ 为路网连接度; k 表示与道路 i (i=1, 2, 3, ..., n) 直接相邻的道路数量。

$$C_3 = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (4)$$

其中, C₃ 为邻近距离均值; d 表示小微

绿地至居住区几何中心的距离； n 为小微绿地5 min步行覆盖范围内的居住区数量。

(2) 空间服务效率 (B_2)。 B_2 强调场地特质所造成的空间效率变化，其主要受场地的服务覆盖范围所影响，因此本研究使用服务面积比 (C_4) 与服务重叠率 (C_5) 两项因子加以表征，其中服务面积比 (C_4) 指绿地步行服务范围覆盖面积与地块单元面积的比值^[6]；服务重叠率 (C_5) 指绿地步行服务范围的重叠部分绿地总体服务范围的比值^[14]。上述两项因子计算公式如下：

$$C_4 = \frac{A_G}{S} \quad (5)$$

其中， C_4 为邻近距离均值； A_G 表示小微绿地服务覆盖面积（重叠部分不重复计算）； S 为地块单元面积。

$$C_5 = \frac{A_o - A_G}{A_o} \quad (6)$$

其中， C_5 为服务重叠率； A_o 表示小微绿地5 min步行覆盖面积，且重叠部分重复计算； A_G 表示小微绿地5 min步行覆盖面积，而重叠部分不重复计算。

(3) 空间使用效率 (B_3)。 B_3 强调小微绿地对周边人群的服务供给能力，因此通过服务半径覆盖率 (C_6) 与服务人口比 (C_7) 两项因子加以表征。服务半径覆盖率 (C_6) 指绿地步行服务范围覆盖的居住区面积与绿地服务面积的比值^[9]；服务人口比 (C_7) 指绿地步行服务范围覆盖的居住区的人口数与地块总人口数的比值^[9]。上述两项因子计算公式如下：

$$C_6 = \frac{A_R}{A_G} \quad (7)$$

其中， C_6 为服务半径覆盖率； A_R 表示小微绿地5 min步行覆盖范围内居住区面积； A_G 表示小微绿地服务覆盖面积（重叠部分不重复计算）。

$$C_7 = \frac{P_S}{P_o} \quad (8)$$

其中， C_7 为服务半径覆盖率； P_S 表示小微绿地5 min步行服务范围覆盖的居住区人口

数量； P_o 地块单元总人口数量。

在确定各指标测度方法的基础上，使用层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 为各项指标赋予权重。本研究邀请10位相关专家，采用1-9标度法对各指标层的指标进行两两比较，由此构建A- B_{1-3} 、 B_1 - C_{1-3} 、 B_2 - C_{4-5} 、 B_3 - C_{6-7} 判断矩阵，并计算权重结果（表1）^[15]。各项矩阵CR值均小于0.1，通过一致性检验。由赋权结果可知，准则层中场地可达性 (B_1) 权重值居于首位，其次为空间使用效率 (B_3) 与空间服务效率 (B_2)，在指标层中路网整合度 (C_1) 最为重要，其次为服务人口比 (C_7) 与服务面积比 (C_4)，权重最小值为服务重叠率 (C_5)，表明在有限服务范围内，能否方便快捷地到达小微绿地对其空间使用效率起到重要影响，此外在关注小微绿地服务范围的同时，更应强调服务范围内人群的使用效率。

1.2 小微绿地的空间效率与需求匹配及布局优化方法

1.2.1 小微绿地空间效率与需求匹配方法

空间效率与需求的不匹配会造成资源的过剩或缺位。因此本研究将小微绿地空间效率与人群游憩需求进行匹配分析，并将地块的测度结果分为4类：高效率—高需求、高

效率—低需求、低效率—高需求与低效率—低需求，其中将“低效率—高需求”区域作为小微绿地的布局优化的首选区域，在不改变现有小微绿地区位的前提下，从“退二进三”工业改造地与碎片化城市绿地中识别潜在小微绿地建设点，利用算法模型进行建设点的选址布局优化。

1.2.2 小微绿地空间布局优化方法

布局优化模型旨在实现单一或多目标的某一类公共服务设施的选址问题。经典的区位分配模型多为单目标优化模型，包括P-中位模型 (P-Median Problem)、P-中心模型 (P-Center Problem) 与最大覆盖模型 (Maximum Covering Location Problem) 等，该类模型旨在解决单一问题的最优目标解^[16]。由于现实决策阶段常存在目标间的相互冲突，无法同时实现各目标的最优化，需要进行协调与折中处理，多目标优化模型旨在寻求尽可能使各目标达到最优的一组Pareto最优解^[17]。本研究的主要目标为实现小微绿地服务范围的最大覆盖，从而提升小微绿地的空间服务效率，选取K-Means聚类算法与单目标LA位置分配模型对潜在小微绿地建设点进行选址优化：

表1 小微绿地空间效率评价指标
Tab. 1 Evaluation index of small green space spatial efficiency

目标层 Target layer	准则层 Rule layer	权重 Weight	指标层 Index layer	权重 Weight	指标趋向性 Index trend
小微绿地空间效率测度 (A)	场地可达性 (B_1)	0.4214	路网整合度 (C_1)	0.2421	+
			路网连接度 (C_2)	0.1294	+
			邻近距离均值 (C_3)	0.0499	-
	空间服务效率 (B_2)	0.2750	服务面积比 (C_4)	0.1856	+
			服务重叠率 (C_5)	0.0894	+
	空间使用效率 (B_3)	0.3036	服务半径覆盖率 (C_6)	0.0921	+
			服务人口比 (C_7)	0.2115	+

注：指标趋向性为“+”代表指标数值越大，评价结果越好。

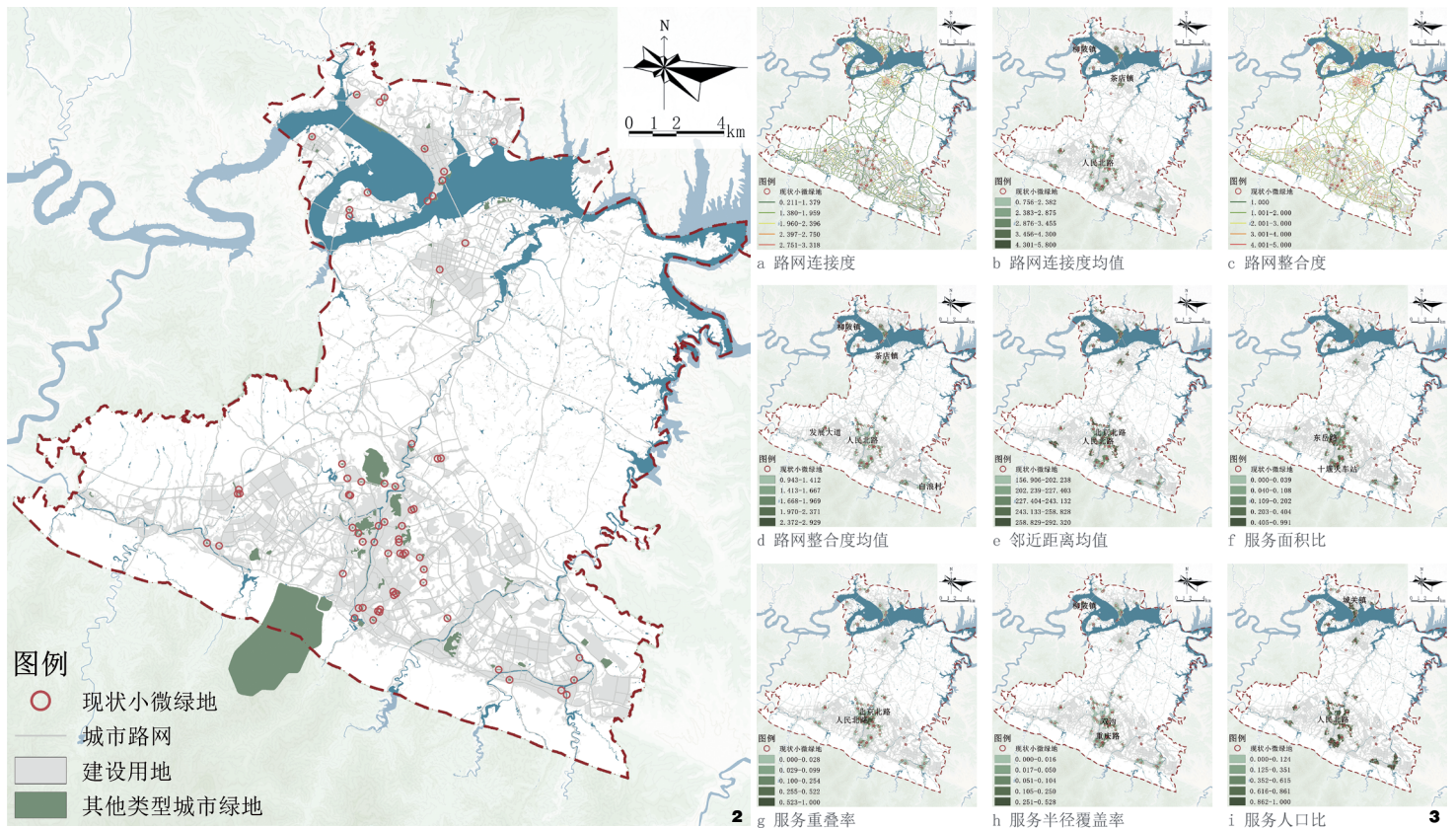


图2 十堰市绿地分布
Fig. 2 Distribution of green space in Shiyan City

图3 单因子测度结果
Fig. 3 Measurement results of single factor

求的匹配度，因地制宜布局小微绿地，实现城市资源的精细化利用，提升城市整体生态系统文化服务品质。

研究对象选取十堰市建设用地中面积小于1 hm²的小微绿地，共计42处，主要由街旁绿地、社区公园、小型游园和城市小型广场构成。同时将建设用地范围内的街区空间作为研究单元（共计643个），通过ArcGIS网络分析以5 min步行时间生成服务范围，并剔除服务区覆盖范围外的地块，共计有效地块268处。在对各评价因子进行量化评估后，利用自然间断法进行分类，最终将各因子结果加权叠加得出小微绿地的空间效率结果。

2.2 单因子测度结果与分析

2.2.1 场地可达性测度

场地可达性包括路网整合度、路网连接度与邻近距离均值三项指标，其中路网整合度（图3-a）与连接度（图3-c）由DepthMapX0.5计算生成，并转换为各地块平均路网整合度（图3-b）与连接度（图3-d）。

由路网整合度评价结果（图3-b）可知，南部城区小微绿地服务地块平均路网整合度（1.61）高于北部城区（0.55），平均路网整合度高值区位于城区北部的茶店镇（2.66）与柳陂镇（2.49），意味着该段路网较为聚集。相比之下，南部路网整合度分布较为平均，其中人民北路段地块整体路网聚集度较

低（<0.28），而城区周边发展大道与白浪村等地平均路网整合度较高（>1.76）。由图3-d可知，主城区北部地块平均连接度为3.71，而南部地块平均连接度为2.85，北部城区平均连接度高于南部城区。高路网连接度分布区域与路网整合度趋于一致，主要分布于茶店镇（4.18）与柳陂镇（4.23），同样人民北路段路网连接度较低（<2.66）。由邻近距离均值评价结果（图3-e）可知，南部城区小微绿地整体邻近距离均值为570.13，低于北部城区（611.93），总体而言南部城区小微绿地所服务地块布局均衡性优于北部城区。邻近距离均值较低的地块主要集中于主城区南部人民北路至北京北路（562.84），绿地的空间分布影

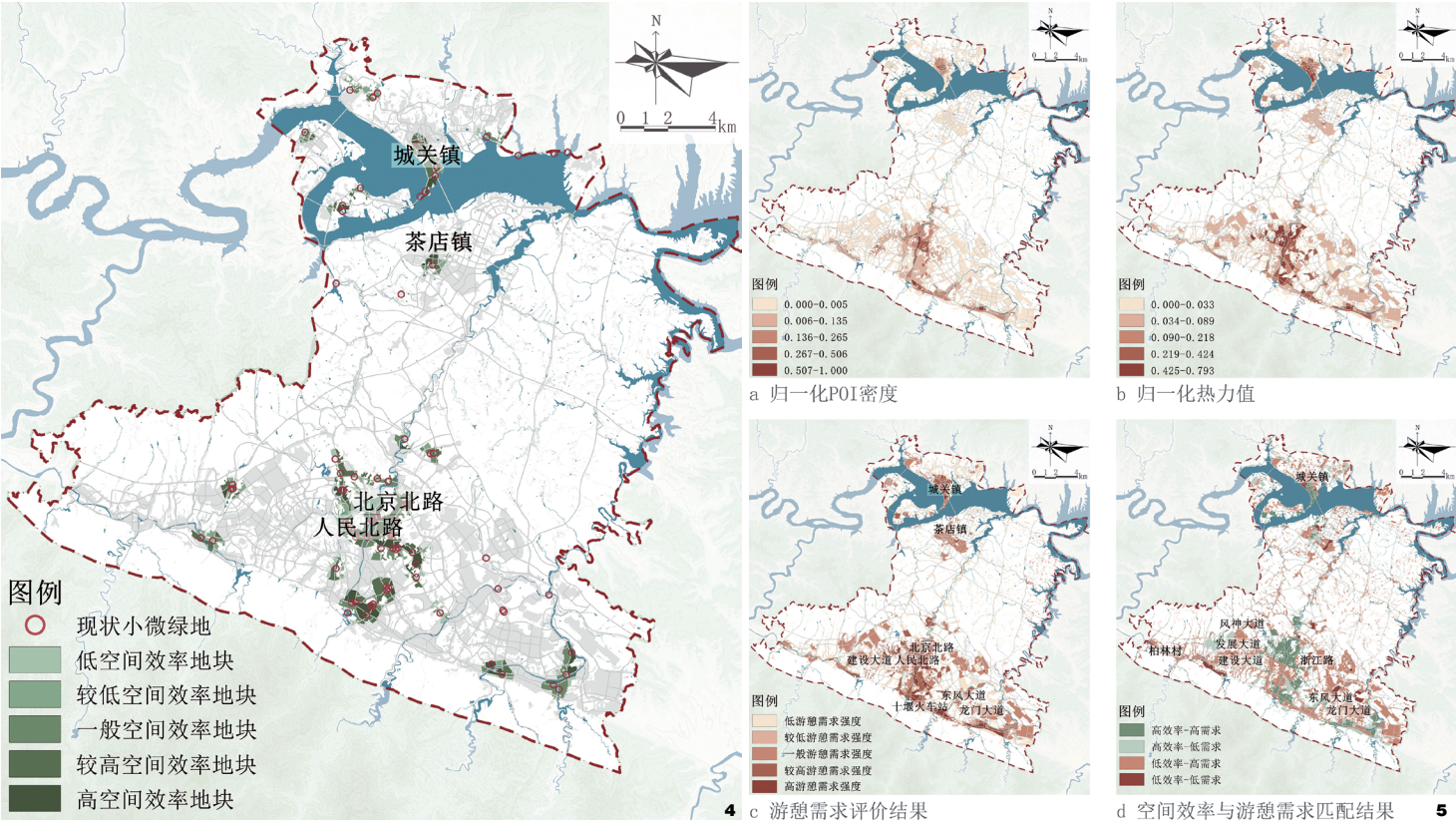


图4 小微绿地空间效率测度结果
Fig. 4 Measurement results of micro green space spatial efficiency

图5 游憩需求评价及其与空间效率匹配分析
Fig. 5 Recreational demand evaluation and its matching analysis with space efficiency

响邻近距离均值，该片区小微绿地分布密度较高，需求点与供给点间距离较近，居民可达率较高。发展大道片区平均邻近距离最高(730.80)。

2.2.2 空间服务效率测度

总体而言，南部城区平均服务面积比与北部城区大致相同，约为0.07。由图3-f可知，十堰火车站(0.99)片区服务面积比最高，东岳路段服务面积比次之(0.43)。由于主城区南部小微绿地数量较多且分布集中，南部城区整体服务面积比高于北部城区。十堰市小微绿地分布较为离散，因此小微绿地的整体服务重叠率偏低(图3-g)。其中南部城区平

均服务重叠率为0.04略高于北部城区(0.02)，而南部城区人民北路至北京北路段服务范围重叠率最高(0.88)，由于该段小微绿地分布密集且数量众多，相应的周边地块享有更多的游憩选择机会。

2.2.3 空间使用效率测度

相比之下十堰市主城区南部平均服务半径覆盖率(0.79)高于北部城区0.58(图3-h)。其中南部城区双沟片区服务半径覆盖率为0.56，重庆路片区服务半径覆盖率次之(0.47)。城区北部柳陂镇片区服务半径覆盖率较高(0.14)。由服务人口比的评价结果(图3-i)可知，城区北部与南部平均服务人

口比分别为0.50与0.52，二者大致相同。城区南部人民北路段地块平均服务人口比较高(0.95)，北部城区城关镇片区平均服务人口比较高(0.87)。

2.3 空间效率综合评价与分析

基于上述分析结果，利用ArcGIS10.8将各因子加权叠加并将结果可视化(图4)。总体而言，现有小微绿地服务覆盖范围主要集中于十堰市主城区南侧人民北路至北京北路段，城区北部则主要集中于城关镇与茶店镇，城区仍存在大面积服务盲区。此外，被服务地块的空间效率存在分布异化的现象：低效率与较低效率地块数量分

别占总数的19.1%与20.2%，中等效率数量占比为23.3%，较高效率服务地块数量占比为24.5%，而高效率服务地块占比最低(12.9%)。半数以上被服务地块的空间效率低下，因此需要进一步结合人群需求进行匹配分析，精准地对待优化地块进行识别与优化。

3 十堰市主城区小微绿建设选址与空间布局优化

由上述研究可知，现状十堰市小微绿地仍存在大量服务盲区。此外部分地块虽然处于小微绿地服务范围内，但其低效的空间服务与地块人群的高需求相矛盾同样会造成城市生态系统文化服务质量的下降，因此需要对待优化地块进行精确的识别。本研究将服务盲区的小微绿地空间效率视为0，将空间效率结果与需求进行匹配分析从而得出待优化地块，并通过新增小微绿地的规划途径有效消除服务盲区。

3.1 小微绿地待优化区域识别

3.1.1 游憩需求评价

研究通过爬取十堰市主城区(2022年2月)的百度地图兴趣点数据(POI)信息，得到14类共计 1.9×10^4 个兴趣点，POI密度与人口密度、城市活力紧密相关，依此判断居住、工作人群对小微绿地需求程度。将归一化后的POI密度(5-a)与热力值(5-b)等权叠加得到小微绿地游憩需求强度分布结果。由图5-c可知，主城区南部高需求区集中于中部人民北路至北京北路段及十堰火车站片区，而北部城区高需求段主要集中于郧阳区的城关镇片区。较高需求强度主要分布于城区南部的建设大道、东风大道与龙门大道片区，北部城区则主要集中于茶店镇。

3.1.2 空间效率与需求强度匹配分析

通过对小微绿地空间效率与游憩需求进行匹配分析，共识别“高效率—高需求”“高效率—低需求”“低效率—高需求”和“低效率—低需求”4种空间匹配类型(图5-d)。各空间类型的面积占比分别为0.14、0.18、0.63与0.05，其中“低效率—高需求”地块主要分布于南部城区两翼：东侧的风神大道、发展大道、建设大道周边地块与柏林村周边地块，西侧则主要集中分布于浙江路、东风大道与龙门大道周边，北部城区则主要集中分布于城关镇片区。“低效率—高需求”地块主要受小微绿地服务盲区的影响，是本研究的首要优化对象。

3.2 小微绿地的选址布局优化

3.2.1 需求点与潜在选址点

本研究将待优化区域所覆盖的住区单元视为需求点，共计4 388个(图6-b)。小微绿地潜在选址点则由碎片化绿地与“退二进三”工业用地组成(图6-c)。十堰市绿地空间在山体挤压与城市建设的切割下呈现破碎化，在现有破碎化绿地基础上识别出面积小于 1 hm^2 且未经利用的绿地作为潜在选址点。此外十堰市是一座因车而生的城市，工业用地的增长空间主要集中于城区南部东西两翼与小微绿地待优化区分布趋于一致。现状部分工业用地受空间结构性低效的影响，存在利用率低下的问题，因此需要对部分棕地进行用地置换，在生态筑底和优化配置的基础上激活城市空间，并依据场地特征增补小微绿地。

3.2.2 K-Means聚类算法计算新增小微绿地数量

利用K-Means模型对需求点设置不同的最大聚类数(10-225)，将聚类数作为横轴，需

求点至拟新增小微绿地的平均最远距离作为纵轴，由此生成K-Means曲线(图6-a)。曲线斜率可以理解为增加的小微绿地个数对居民到达小微绿地距离的影响程度，斜率越高意味着增加小微绿地个数对聚类效果的作用越强，反之则促进效果越弱^[19]。依据聚类分析结果可知当新增小微绿地数量在150~170块之间时，曲线斜率变化不再明显，因此将该区间视为新增小微绿地数量范围。

3.2.3 LA模型进行选址点优化配置

为保证5 min步行范围内可达，将小微绿地覆盖范围设为300 m，利用LA模型中的最大覆盖度模型对各需求点与小微绿地进行候选点优化，同时基于最小化设施数量的原则，选取158处小微绿地新增点。在进一步将现状其余城市绿地与待选小微绿地有重叠服务范围的待选点筛选后，最终确定小微绿地新增点共计113处(图6-d)。

3.3 小微绿地布局优化效果分析

本研究对优化后的小微绿地进行空间效率及其与游憩需求匹配的重新测度，将优化结果与现状进行对比，以探究其提升情况。

空间效率测度结果方面，由于小微绿地数量的提升与覆盖范围的优化，服务盲区地块数量显著减少。此外，小微绿地空间效率也得到提升，其中低空间效率地块由46减少至29，较高空间效率地块由59增至138，高空间效率地块由31增至101，优化后的小微绿地能够以高效的游憩服务实现有限土地资源的高效与精细化利用。小微绿地空间效率与游憩需求匹配结果方面，低效率—高需求地块的数量占比由63.45%减少至17.73%，达到预设的优化目标，优化结果提升了居民享有小微绿地游憩服务的机会。

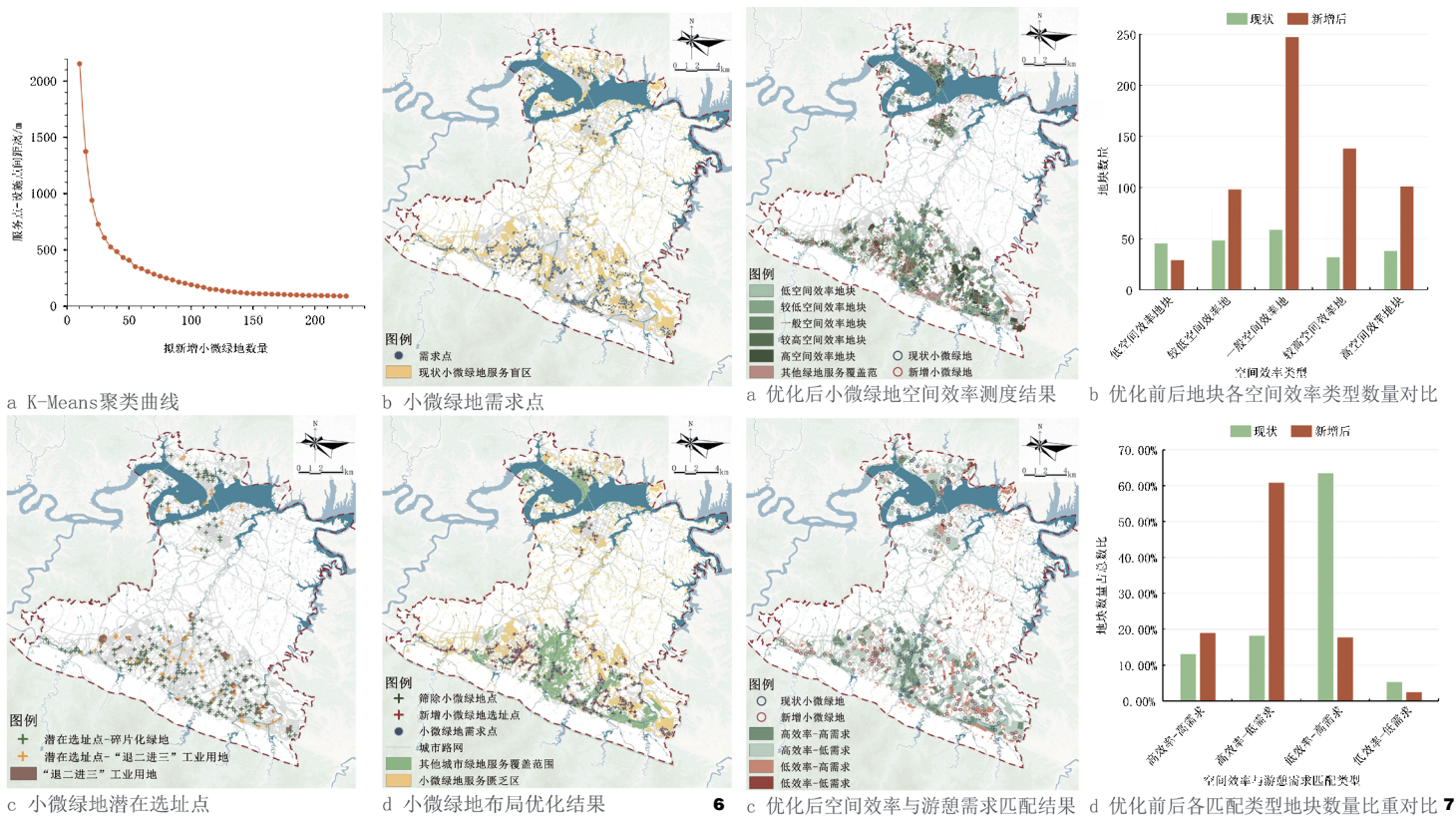


图6 十堰市小微绿地选址布局优化分析
Fig. 6 Optimization analysis of site selection and layout of micro green spaces in Shiyan City

图7 小微绿地布局优化效果分析
Fig. 7 Analysis of optimization effect of micro green space layout

4 结论与讨论

建设用地破碎化限制了绿地的规划布局，城市与绿地整体功能的协调性下降，绿地的空间使用效率降低，影响城市的品质提升与可持续发展。针对建设用地破碎化造成生态系统文化服务低效的问题，本研究提出以利用占地面积小且布局灵活的小微绿地提升城市文化服务，构建以“城市小微绿地空间效率测度与分析—小微绿地空间效率与人群需求的匹配分析—新增小微绿地选址布局优化”为主要步骤的小微绿地规划建设途径。

本研究从场地可达性、空间服务效率与空间使用效率三个维度测度了十堰市主城区

小微绿地的空间效率。研究表明小微绿地所服务地块集中分布于南部主城区中段沿百二河地带，其中人民北路至北京北路段空间效率较高。将十堰市人群游憩需求强度与小微绿地空间效率进行匹配分析后，可知63.45%的地块仍处于低效率与高需求的冲突阶段，因此本研究将“低效率—高需求”地块作为待优化区域，并将该区域的居住点视为需求点，将筛选后的“退二进三”工业用地与未利用的碎片化城市绿地作为小微绿地候选点，利用K-Means模型与LA模型分别确定小微绿地的新增数量与选址位置共计（158处），在将与其他类型绿地服务覆盖范围重叠的新增选址点进一步筛选后，最终确定小微绿地

新增点共计113处。此外本研究仍存在如下欠缺与不足：

（1）对于优化对象与目标，绿地是城市生态系统和绿色基础设施的主要组成部分，为城市提供了多种的生态系统服务。小微绿地作为绿地系统的有机组成部分，受尺度的限制无法发挥公园绿地等所带来的规模性生态效益，同时本研究对象十堰市受自然格局限制，建设用地破碎，大规模绿地建设困难，因此选取以面积较小且布局灵活的小微绿地作为研究对象，通过优化其布局提升空间效率，从而满足居民的游憩需求。但值得注意的是小微绿地所带来的其他生态系统服务类型与功能同样不能被忽视，在后续研究

中可以对小微绿地所发挥的各类生态系统服务进行测度与对比,进一步剖析小微绿地的生态系统服务能力。

(2) 对于布局优化方法,本研究考虑实现小微绿地服务覆盖度最大化单一目标,其运算结果为单目标最优解,而未能体现小微绿地空间效率影响因子间的相互关系,在后续研究中可以进一步尝试多目标遗传算法如NSGA-II、NSGA-III与多目标粒子群模型等,考虑实际选址中多目标的影响性。

(3) 对于布局优化结果,本研究剔除了其他绿地服务范围所覆盖的绿地,最终共计新增小微绿地113处。小微绿地面积较小因此其覆盖范围有限,为实现最大覆盖范围,其建设数量将比相同覆盖面积的综合公园数量高。事实上小微绿地的优势在于其布局灵活、建设成本较低,因此在决策过程中需要综合考虑二者的优势与不足,同时在后续的布局优化研究中将进一步考虑小微绿地与综合性公园的共同影响,进行综合性选址布局优化。

注:文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 刘慧,吕志坤,王嘉楠,等.城市小微绿地居民出行意愿及其游憩功能影响范围[J].合肥师范学院学报,2019,37(06):9-11.
- [2] 张楠.“城市修补”理论下首都功能核心区小微绿地规划设计研究[D].北京:北京建筑大学,2019.
- [3] PESCHARDT K K, SCHIPPERIJN J, STIGSDOTTER U K. Use of Small Public Urban Green Spaces(SPUGS)[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2012(3): 235-244.
- [4] 周聪惠,张戎.高密度城区小微型公园绿地布局调控方法[J].中国园林,2021,37(10):60-65.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市绿地分类标准:CJJ/T 85-2017[S].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [6] 李文,张林,李莹.哈尔滨城市公园可达性和服务效率分析[J].中国园林,2010,26(08):59-62.
- [7] MCALLISTER D M. Equity and Efficiency in Public Facility Location[J]. Geographical Analysis, 1976, 8(1): 47-63.
- [8] KYUSHIK O, SEUNGHYUN J. Assessing the Spatial Distribution of Urban Parks Using GIS. Landscape and Urban Planning, 2007, 182(1): 32-25.
- [9] 牛爽,汤晓敏.高密度城区公园绿地配置公平性测度研究——以上海黄浦区为例[J].中国园林,2021,37(10):100-105.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市绿地规划标准:GB/T 51346-2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019:14.
- [11] 俞孔坚,段铁武,李迪华,等.景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例[J].城市规划,1999(08):7-10.
- [12] 张红,王新生,余瑞林.空间句法及其研究进展[J].地理空间信息,2006(04):37-39.
- [13] 杜伊,金云峰.社区生活圈的公共开放空间绩效研究——以上海市中心城区为例[J].现代城市研究,2018(05):101-108.
- [14] 宣国富,陈凤军.基于GIS的南京市主城区公园服务效率研究[J].中南林业调查规划,2012,31(04):35-38.
- [15] 刘瑞雪,江诗瑶,陈龙清.基于空间分析和层次分析法的自然保护区功能区划研究[J].中国园林,2018,34(11):119-122.
- [16] 陶卓霖,程杨,戴特奇,等.公共服务设施布局优化模型研究进展与展望[J].城市规划,2019,43(08):60-68.
- [17] 马小妹,李宇龙,严浪.传统多目标优化方法和多目标遗传算法的比较综述[J].电气传动自动化,2010,32(03):48-50.
- [18] MAC Q J. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observation[C]. Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. Berkeley: University of California Press, 1967: 281-297.
- [19] 郭梦.老年友好导向下哈尔滨市公园绿地布局均衡性研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2021.
- [20] 王冰倩,陈晓健.西安纺织城地区公园绿地布局优化研究[J].规划师,2020,36(02):12-19.
- [21] 王云才,翟鹤健,盛硕.基于碎片化整理的城市山体保护与绩效提升策略——以十堰市主城区为例[J].南方建筑,2020(03):34-40.