

A GIS-based Approach to Multi-source Data Siting Planning for Affordable Rental Housing

— Take Tianfu New District in Sichuan Province as an Example

Mingqi Guo, Hailing Li[†]

School of Architecture and Civil Engineering, Xihua University, 610039, China

[†]Email: lhl@mail.xhu.edu.cn

Abstract

This study examines the suitability of affordable rental housing site selection in Tianfu New District, Sichuan Province. A comprehensive evaluation index system is constructed, incorporating 13 factors derived from two primary sources: the actual needs of target population groups and the new district's development plans. The research employs the Best-Worst Method (BWM) to determine index weights and establishes a mathematical evaluation model. This methodological approach enables a rigorous assessment of potential sites for affordable rental housing, considering both socioeconomic factors and urban planning objectives. Based on GIS, a single factor quantitative analysis was carried out to obtain each grid layer, and each layer was weighted superimposed to obtain the suitability evaluation map of affordable rental housing location in Tianfu New District. According to GIS natural breakpoint classification method, the whole area of Tianfu New District is divided into four levels: the most suitable area, the general suitable area, the less suitable area and the unsuitable area, covering an area of 191.59km², 363.76km², 484.95km² and 517.75km², respectively. The most suitable area is mainly distributed in Huayang street, Longquan Street, Xihangang street, Dongsheng street and Xinglong Town, while the general suitable area is predominantly distributed surrounding the most suitable area.

Keywords: GIS Spatial Analysis; BWM; Multi-source Data; Rental Housing

基于 GIS 的多源数据保障性租赁住房选址规划^{*} ——以四川天府新区为例

郭明琪, 李海凌[†]

西华大学建筑与土木工程学院, 四川省 成都市 610039

摘要: 以四川省天府新区为研究对象, 面向多源数据, 从被保障群体实际需求和新区发展规划 2 个方面选取 13 个因子, 构建保障性租赁住房选址适宜性评价指标体系, 利用最优最劣法 (BWM) 确定指标权重并建立数学评价模型。基于 GIS 进行单因子量化分析得到各栅格图层, 将各图层进行加权叠加, 得到天府新区保障性租赁住房选址适宜性评价图。通过 GIS 自然断点分级法, 将天府新区全域划分为四个等级: 最适宜区、一般适宜区、较不适宜区和不适宜区, 占地面积分别为 191.59km²、363.76km²、484.95km²、517.75km²; 最适宜区主要分布在华阳街道、龙泉街道、西航港街道、东升街道和兴隆镇等区域, 一般适宜区多分布在最适宜区的周围。

关键词: GIS 空间分析法; BWM; 多源数据; 租赁住房

引言

^{*} 受四川省哲学社会科学重点研究基地—四川革命老区发展研究中心 2023 年度项目资助: 基于特征认知与价值评价的川陕革命老区传统村落活化路径研究。(SLQ2023SB-23)。

“十四五”时期，我国大力发展保障性租赁住房^[1]，注重住房质量建设和配套设施建设^[2]。与传统保障性住房相比，保障性租赁住房采取“多主体投资、多渠道供给”的模式，由政府、企业和社会力量共同参与建设^[3]，减轻了政府的资金压力。这使得保障性租赁住房能够选址在居住条件更好的区域，尽量避免选址区位偏远、配套设施不完善以及居民职住分离等问题^[4-7]。保障性租赁住房主要解决新市民、青年人的住房问题，不合理的选址使保障性住房难以充分发挥保障效用，因此如何从新市民、青年人实际生活需求出发，合理确定选址以保障居民“住有宜居”是亟待解决的问题。考虑到影响选址的因素具有多要素和综合性的特点，并涉及城市地理空间属性，而 GIS 不仅具备地理空间分析和综合分析的能力，其可视化功能还能将结果清晰直观地呈现。因此，本研究面向多源数据，结合 GIS 空间分析得到天府新区保障性租赁住房选址适宜性分布图，为新区保障性租赁住房规划选址提供参考。

1 研究区概况

天府新区是一个由成都片区和眉山片区共同构成的国家级新区。成都片区涵盖天府新区成都直管区的全域，以及成都高新区、双流区、龙泉驿区、新津区、简阳市的部分地区；眉山片区包括彭山区、仁寿县的北部部分地区。整个天府新区涉及成都市、眉山市、资阳市以及 37 个乡镇，规划总面积为 1578 平方公里。近年来，天府新区作为中国西南地区的战略核心，着力做强科技创新策源、内陆开放门户功能支撑，经济总量突破 4000 亿元，吸引着数量庞大的新市民和青年人潮。七普数据显示^[8]，落户天府新区的青年总位数居全市第一，他们是推动新区发展的生力军，也是保障性租赁住房的主要需求群体，并且该群体数量还在不断上升，意味着城市未来租赁需求还会不断上涨。

2 数据来源及处理

2.1 数据来源

- (1) 通过中国科学院资源环境科学与数据中心下载四川省市界边界图、成都市和眉山市乡镇边界图；
- (2) 通过高德地图开放平台采集成都市和眉山市科教文化设施、医疗设施、商业餐饮、文体设施、治安机构等 POI 数据，每个 POI 数据包含名称、类型、经纬度等信息；
- (3) 通过 OpenStreetMap 数据库收集相关交通设施的 POI 数据和天府新区道路网数据；
- (4) 通过调研得到天府新区各街道租金水平数据。

2.2 数据处理

由于各数据存在 EXCEL 文件、图片文件等不同形式，因此需要对这些数据进行统一，使它们成为 GIS 可以识别的格式。首先将 POI 数据文件格式改为 CSV，再通过 GIS 矢量化导出数据，另存为 Shp 文件。其次由于天府新区涉及成都市和眉山市两个市，因此收集到的数据还需要在 GIS 中进行整合、裁剪，从而得到新区内的数据。最后通过投影坐标转换等工具，实现空间数据库中的各要素数据转化到同一个坐标系统中（统一采用 WGS_1984_UTM_ZONG_48N），构建研究空间。

3 保障性租赁住房选址适宜性模型的构建

3.1 保障性租赁住房选址适宜性指标体系的建立

通过对国内外影响保障性租赁住房选址因素的相关文献进行归纳，大多数学者从被保障群体住房的生活需求出发，认为公共交通、公共设施以及环境条件等因素^[9-11]对于住房居民实际生活影响较大；少数学者考虑保障性租赁住房选址应当与新区发展、市场租金水平等相适应^[12-13]。因此，研究综合上述因素，从保障性租赁住房选址适宜性的角度出发，选取对其选址影响较大的影响因子，构建保障性租赁住房选址适宜性评价指标体系如图 1 所示。

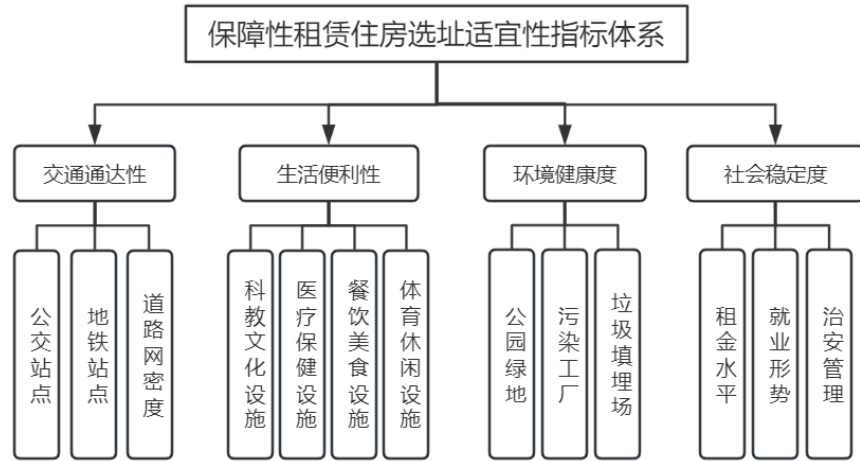


图1 保障性租赁住房选址适宜性指标体系

3.2 保障性租赁住房选址适宜性模型

3.2.1 保障性租赁住房选址适宜性模型的建立

从以上分析来看，保障性租赁住房选址适宜性分析是基于特定需求，综合考虑影响住房空间分布的多项因素，以确定最适合建设的区域。本研究采用加权叠加分析法，首先对各个单因子赋予相应的权重，然后基于 GIS，将单因子分析得到评价结果按权重综合叠加，得出四川天府新区保障性租赁住房选址适宜性评价图，计算公式如下：

$$S = \sum_{i=1}^n M_i \times P_i \quad (1)$$

其中，S 为天府新区保障性租赁住房选址适宜性综合评价值；n 为因子总数； M_i 为第 i 个因子的权重值； P_i 为第 i 个因子的适宜性得分。

3.2.2 权重的确定

最优最劣法（Best-Worst Method, BWM）是一种由荷兰学者 Rezaei 提出的确定指标主观权重的方法。该方法能够简化复杂的流程，减少计算的数据量，从而降低错误率，提高评估的可靠性。该方法已经在几个现实问题中得到应用，例如，Rezaei 使用 BWM 法来确定将货物从分站运输到机场的最佳货运捆绑配置^[4]；他的另一项研究中，该方法用于确定供应商的最佳选择^[15]；杨欣晨等人还应用该方法对内蒙古大兴安岭北部原始林区防火瞭望塔选址进行研究^[16]。BWM 法求权重的步骤如下。

- ①根据前文建立的评价指标体系，设 n 个指标，记为 $W_1, W_2 \dots W_n$ ；
- ②根据专家组意见选取最优指标和最差指标，记为 W_B 和 W_W ，剩下的指标为 W_j ；
- ③采用 1~9 分制，将 W_B 与 W_j 逐一比较，以确定 W_B 相对于 W_j 的重要性。评分 1 表示同等重要，而 9 表示极端重要。通过这一过程，构建比较向量 $AB = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$ ；
- ④同理，将 W_W 与 W_j 逐一比较，以确定 W_j 相对于 W_W 的重要性。评分 1 表示 W_j 与 W_W 同等重要，而 9 表示极端重要。通过这一过程，构建比较向量 $AW = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})$ ；
- ⑤采用线性 BWM 模型求解指标权重，即：

$$s.t. \begin{cases} |w_B - a_{Bj}w_j| \leq \xi \\ |w_j - a_{jW}w_W| \leq \xi \\ \sum_{j=1}^n w_j = 1 \\ w_j > 0 (j = 1, 2, 3 \dots n) \end{cases} \quad (2)$$

根据收集到的专家组打分情况，通过计算得到权重，在分别计算一致性比率，结果均小于 0.1，通过一致性检验，最后由专家组的指标权重取平均值得出各指标权重以及总权重，结果如表 1 所示。由表可知：交通通达性和租金水平是保障性租赁住房选址的最重要影响因素

表 1 指标权重统计表

一级指标	权重	二级指标	全局权重
交通通达性	0.368	公交站点	0.1984
		地铁站点	0.1134
		道路网密度	0.0567
生活便利性	0.263	科教文化设施	0.1012
		医疗保健机构	0.0405
		餐饮美食设施	0.0607
		体育休闲设施	0.0607
环境健康度	0.105	园林绿地	0.0526
		污染工厂	0.0351
		垃圾处理站	0.0175
社会安定度	0.263	租金水平	0.1417
		就业形势	0.0810
		治安管理	0.0405

4 基于 GIS 选址适宜性分析

4.1 基于 GIS 选址适宜性的实现流程

由上文可知，影响保障性租赁住房选址的因素众多，并涉及城市中的地理空间属性，而 GIS 空间分析功能，如缓冲区分析、密度分析、叠加分析等都可以提供有效的决策辅助作用，并将结果清晰直观呈现在视图中。因此本文将基于 GIS 对保障性租赁住房选址适宜性进行空间分析，实现流程如下。

①链接文件夹。将所需数据打包到一个文件夹中，在 GIS 中进行文件夹链接，方便后续软件操作与保存。

②建立指标属性与地理位置的联系，将所有成都市和眉山市的数据导入 GIS，通过整合、裁剪得到四川天府新区内的 POI 数据。

③根据不同评价指标的属性和输出目标，采用缓冲区分析或核密度分析的方法进行单因子量化评价。

④空间叠加分析。使用栅格计算器将步骤③中单因素分析结果通过加权的方式进行空间叠加，结合 BWM 的赋值结果，最终得到保障性租赁住房选址适宜性评价结果。

4.2 基于 GIS 评价指标单因子量化

根据建立的指标体系可知，各评价指标的单位不同，难以直接进行统一量化评价。因此，研究参照国家统一政策规范，将所有指标的评价得分等级分为 5 个等级，评价得分越高，适宜越强。具体评价指标的分值标准，如表 2 所示。

表 2 评价指标的分值标准

指标	分级值	评分值
公交站点	根据公交站点服务半径划分为，分级值为：200m、400m、600m、800m	5、4、3、2、1
地铁站点	根据地铁站点服务半径划分，分级值为：300m、600m、900m、1200m	5、4、3、2、1
道路网密度	根据道路成熟度由无到有划分为 5 个等级	1、2、3、4、5
科教文化设施	根据科教文化设施服务半径划分，分级值为：300m、600m、900m、1200m	5、4、3、2、1
医疗保健设施	根据医疗保健设施服务半径划分，分级值为：300m、600m、900m、1200m	5、4、3、2、1

体育休闲设施	根据体育休闲设施数量由多到少划分为 5 个等级	5、4、3、2、1
餐饮设施	根据餐饮设施数量由多到少划分为 5 个等级	5、4、3、2、1
园林绿地	根据园林绿地服务半径划分, 分级值为: 300m、600m、900m、1200m	5、4、3、2、1
垃圾填埋站	根据垃圾填埋站服务半径划分, 分级值为: 500m、1000m、1500m、2000m	1、2、3、4、5
污染工厂	根据污染工厂服务半径划分, 分级值为: 500m、1000m、1500m、2000m	1、2、3、4、5
租金水平	根据租金水平由低到高划分为 5 个等级	5、4、3、2、1
就业形势	根据就业单位覆盖距离划分, 分级值为: 300m、600m、900m、1200m	5、4、3、2、1
治安管理	根据治安机构管理范围划分, 分级值为: 400m、800m、1200m、1500m	5、4、3、2、1

4.2.1 交通通达性评价指标量化

从指标重要性来看, 交通通达性是被保障群体在选择保障性租赁住房首要考虑的因素, 主要包含公交站点、地铁站点、道路网密度 3 个评价指标, 再根据表 3 划定各指标分级标准, 将四川天府新区公交站点、地铁站点、道路网密度等 POI 数据导入 GIS, 通过多环缓冲区分析最终得到指标的量化评价图, 如图 2-4 所示。

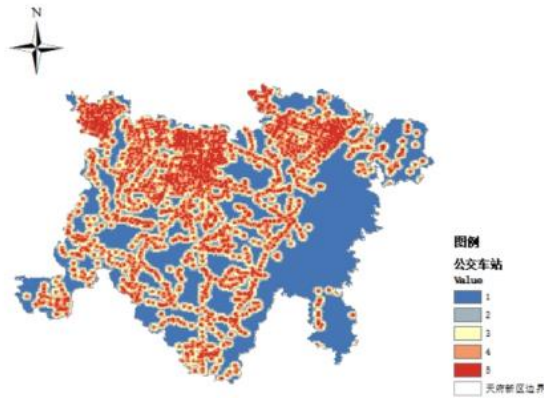


图 2 公交站点缓冲区分析图

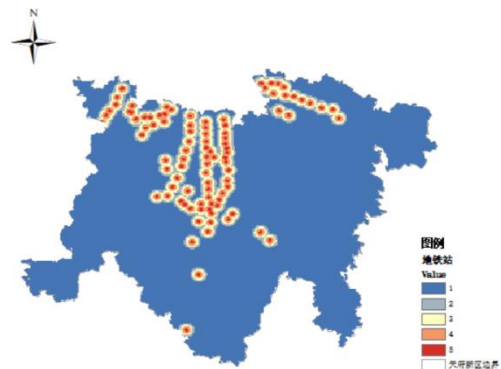


图 3 地铁站点缓冲区分析图

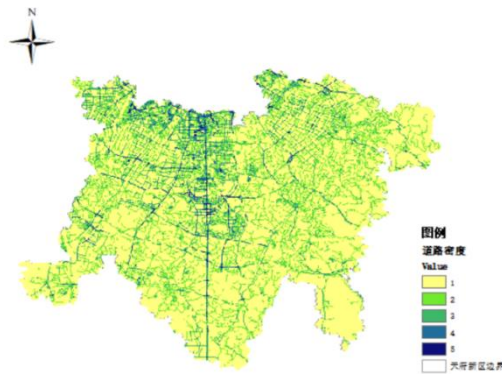


图 4 道路网密度分析图

由图可知:

(1) 公交站点: 四川天府新区的公交站点主要集中在天府新城、成都双流片区和龙泉片区, 这些区域交通便捷, 因此总体评分较高; 而东南方区域属于简阳市, 目前整体规划布局还缺乏公共交通设施, 因此综合评分较低。

(2) 地铁站点: 四川天府新区地铁站点覆盖面较少, 主要集中在该区天府新区直管区、双流和龙泉少数区域, 这些区域地处成都市 3 环, 为地铁线路中末端, 而其他大部分区域目前还未开通地铁线, 因此总体评分较低。

（3）道路网密度：通常用各街道道路总长度与街道总面积的比值来表示道路网密度^[17]，反映城市道路的规模和成熟度^[18]。从图中看出，四川天府新区道路基本全区域均覆盖，其北部天府新城位于天府新区“一城六区”的中心，是青年就业首选地，道路相对成熟，因此总评分偏高。

4.2.2 生活便利性评价指标量化

生活便利性包含科教文化设施、医疗保健设施、体育休闲设施、餐饮设施 4 个评价指标。科教文化设施、医疗保健设施根据需要研究其覆盖范围，采用 GIS 多环缓冲分析得到指标的量化评价图，如图 5-6 所示；体育休闲设施、餐饮设施考虑的是其密集程度，因此采用 GIS 核密度分析得到指标的量化评价图，如图 7-8 所示。

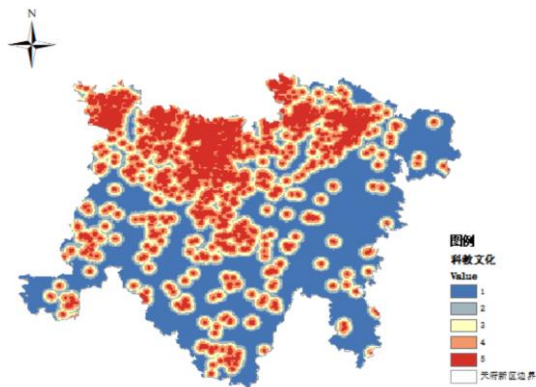


图 5 科教文化设施缓冲区分析图

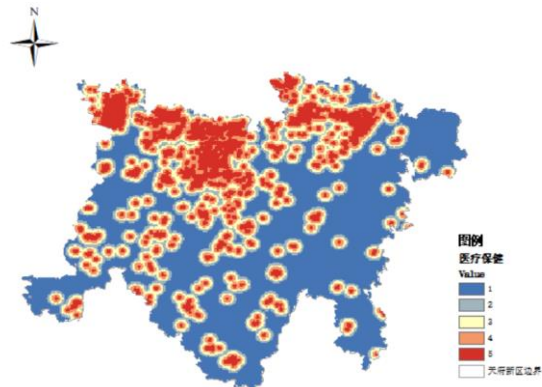


图 6 医疗保健设施缓冲区分析图

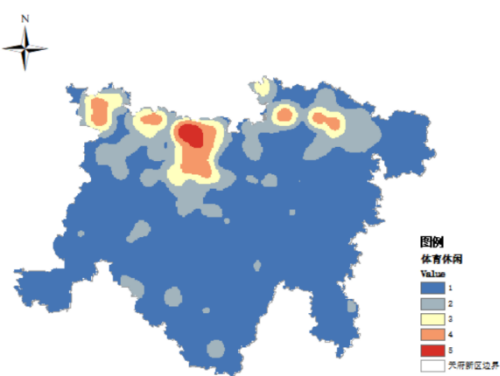


图 7 体育休闲设施核密度分析图

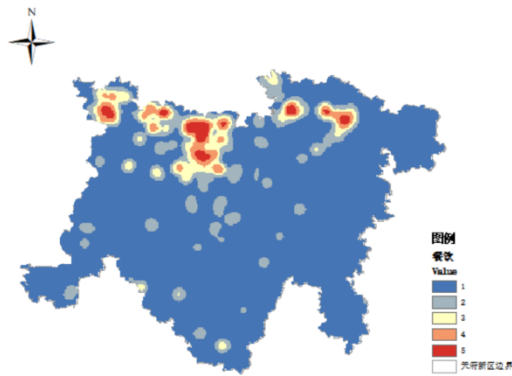


图 8 餐饮设施核密度分析图

由图可知：

- （1）科教文化设施：四川天府新区作为成都构建“双核”文化格局中的一个重要组成部分，是传承巴蜀文明、彰显成都历史文化底蕴的都市传统文化核心区域。而天府新城作为其早开始发展的区域，科教文化设施发展相对该区其他区域较为成熟，因此综合评分较高。
- （2）医疗保健设施：四川天府新区医疗保健设施主要集中在该区天府新城、成都市双流和龙泉部分片区，这些区域人口流量大，相较其他区域对医疗设施需求相对较高，因而医疗设施建设较多，总体评分较高。
- （3）体育休闲设施：四川天府新区体育休闲设施基本全域覆盖但分布并不均匀，覆盖设施最多的位于北部天府新城，天府新城作为天府新区经济水平最高的区域，居民在满足基本的消费水平之外，对体育休闲也有一定的需求，因而体育休闲设施较多，总体评分较高。
- （4）餐饮设施：民以食为天，餐饮设施主要解决被保障群体就餐问题。四川天府新区餐饮设施基本全域覆盖但分布并不均匀。餐饮设施覆盖最多的区域是北部天府新城、成都市双流片区和龙泉片区，这些区域人口

流量大，相较其他区域对就餐需求高，因而这些区域餐饮设施较多，总体评分较高。

4.2.3 环境健康度评价指标量化

为贯彻落实《“十四五”环境健康工作规划》有关要求，从“住有所居”向“住有宜居”加速转变，研究选取了园林绿地、污染工厂和垃圾处理站 3 个评价指标。环境健康度反映居住区周围绿化环境是否有利于居民的身心健康^[19]，从有利角度出发考虑了园林绿地的存在，将四川天府新区园林绿地的 POI 数据导入 GIS，通过多环缓冲区分析得到指标的量化评价图，如图 9 所示；从不利角度出发考虑了污染工厂和垃圾填埋站的影响，将相关 POI 数据导入 GIS，采用多环缓冲区分析得出评价结果图，如图 10-11 所示。

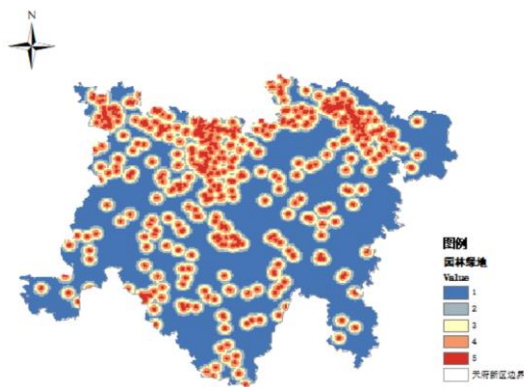


图 9 园林绿地缓冲区分析图

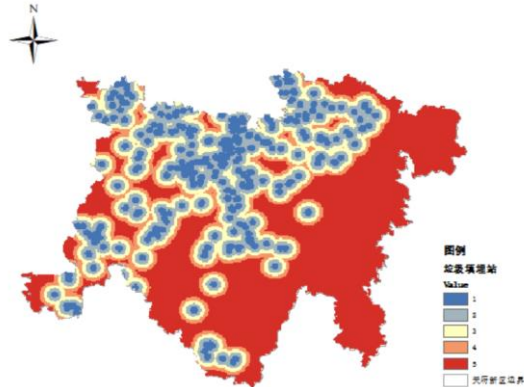


图 10 垃圾填埋站缓冲区分析图

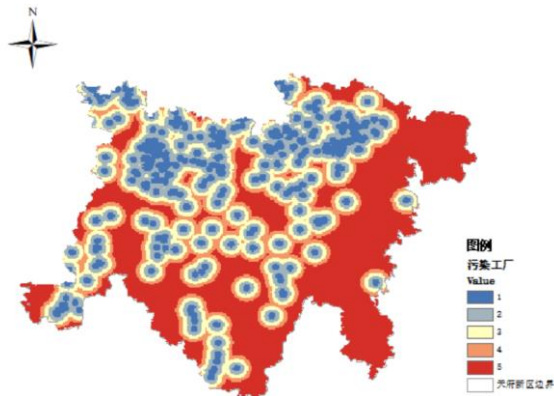


图 11 污染工厂缓冲区分析图

由图可知：

- （1）园林绿地：四川天府新区秉持“公园城市”理念，实施了公园引领（POD）、轨交引导（TOD）和活力引动（VOD）的“3D 融合”规划策略，保持了 45%的生态空间占比。四川天府新区全境的园林绿地基本覆盖全区域，整体分布较均匀，符合“公园城市”理念。
- （2）垃圾填埋站：四川天府新区垃圾填埋站数量较多但分布不均，主要集中在该区天府新城和成都双流与龙泉地区，这些区域是天府新区经济和技术中心，拥有众多工商业，并且人口流量大，产生的工业和生活垃圾较多，因此修建大量垃圾填埋站，故总评分偏低。
- （3）污染工厂：四川天府新区污染工厂数量较多，大部分集中在该区天府新城和部分成都双流与龙泉地区。天府新城是天府总部商务，成都双流和龙泉又是成都市的经济和技术中心，这些区域拥有众多高新技术企业和研发中心，因此不可避免的有许多化工厂、电镀厂、皮革厂等污染工厂，因此总评分偏低。

4.2.4 社会安定度评价指标量化

研究选取社会稳定性作为衡量社会经济和治安方面稳定发展的指标，包含租金水平、就业形势以及治安管理等 3 个评价指标。租金水平主要通过对各街道及乡镇租金的调研，得到租金分布表，基于 GIS 可视化分析得到天府新区租金水平分布图，如图 12 所示；就业形势主要考虑产业园、写字楼等分布情况，治安管理主要研究治安机构的分布情况，通过导入相关 POI 数据，采用缓冲分析法得出评价结果图，如图 13-14 所示。

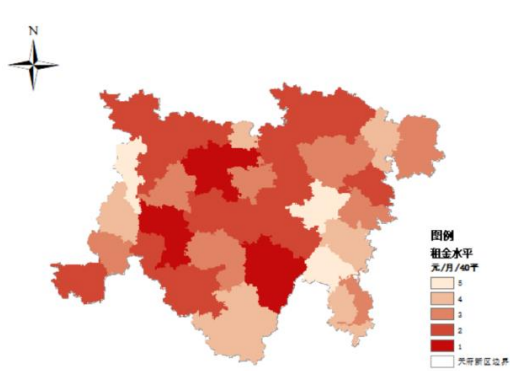


图 12 租金水平分布图

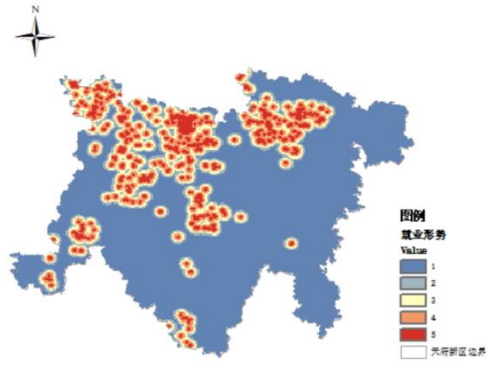


图 13 就业形势分布图

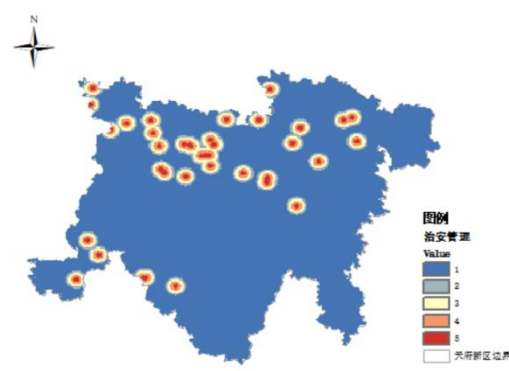


图 14 治安管理缓冲区分析图

由图可知：

- （1）租金水平：区域越红代表该区租金水平越高。四川天府新区租金水平较高的区域主要集中在天府新城，因被保障人群难以支付较高的租金，故总体评分偏低；而天府新区东南和西南方向靠近简阳市和眉山市的区域，其土地开发成本相较成都市中心城区低的多，因此这些区域租金较低，总体评分较高。
- （2）就业形势：四川天府新区就业机会分布不均。该区东北方向对接成都双流区和高新区等中心城区，是成都市的经济和技术中心，拥有众多高新技术企业和研发中心，为天府新区提供了强大的产业支撑和创新动力，因而改区域就业形势较好，评分较高。
- （3）治安管理：四川天府新区全境的治安机构数量较少，这是由于天府新区成立之初，按照公安部和省公安厅的要求，采用“大部制”的改革思路来构建天府新区公安分局的内部机构，打破警种壁垒，精简治安机构，因此天府新区治安机构较少，整体评分较低。

4.3 基于 GIS 适宜性结果分析

基于 GIS 对图 2-14 进行栅格化处理及重分类，并进行加权叠加分析，最终得到各项评价指标的适宜性综合评价图。通过 GIS 自然断点分级法将适宜性评价阈值划分为最适宜区、一般适宜区、较不适宜区、不适宜区 4 个等级^[20]，如图 15 所示：最适宜区总面积为 191.59km²，集中分布于华阳街道、龙泉街道、西航港街道、东升街道和兴隆镇等，基本处于生活和环境条件较好、路网成熟的场所，为青年工作、生活提供更加友好、便捷的成长空间。一般适宜区总面积为 363.76km²，主要分布在最适宜区周围的大片区域如协和街道、龙泉街道、兴隆

镇、正兴镇等，这些区域交通相对便利，城乡联系相对较密集，且公共资源相对充足。较不适宜区总面积为484.95km²，主要分布在一般适宜区周围，多呈条状或块状分布，这些区域交通可达性低，居民生活便利性低，经济水平相对落后。不适宜区总面积为517.75km²，所占面积最大，这些区域交通条件差，设施配置较少，经济水平滞后，为最不适宜建设保障性租赁住房。

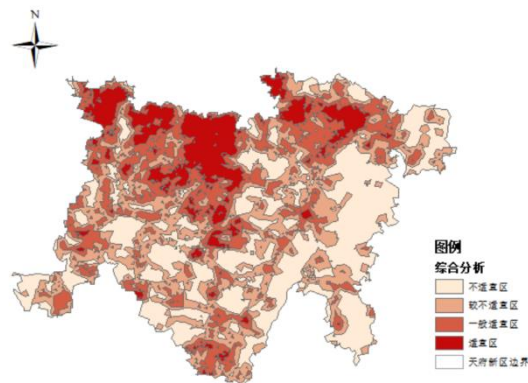


图 15 四川天府新区保障性租赁住房选址适宜性分区图

5 结论

近些年，随着选址的要求趋于复杂化和精确化，国内外的空间选址研究采用了多种模型与方法，但这些方法主要针对特定区域，因此并不完全适用于为天府新区保障性租赁住房提供理想的选址解决方案。为能更好的发挥新区保障性租赁住房的性能，该研究结合了BWM法和GIS空间分析法，从新区被保障群体的实际需求和新区发展规划2个方面选取13个因子构建了保障性租赁住房选址适宜性评价指标体系，基于GIS空间分析法实现了天府新区保障性租赁住房选址适宜性分区。

通过对单因素的分析以及BWM确定的权重值来看，对于保障人群来说，交通条件和租金是选择保障性租赁住房影响较大的因素，因此建议将保障性租赁住房选址在公共交通线路沿线，以顺应城市发展的主要方向，并逐步形成职住平衡的新发展格局。

从研究结果总体上来看，目前天府新区保障性租赁住房选址适宜性水平不高，可用于开发的土地资源面积也相对有限。最适宜区主要集中在华阳街道、龙泉街道、万安镇和兴隆镇等地；一般适宜区主要分布在这些最适宜区附近，通常呈条带状或块状分布。

参考文献

[1] 《国务院办公厅关于加快发展保障性租赁住房的意见》(国办发〔2021〕22号).

[2] 《国务院办公厅关于规划建设保障性住房的指导意见》(国办发〔2023〕14号).

[3] 中华人民共和国中央政府.中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[Z].[EB/OL];
https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm. 2021.

[4] 张朝微.保障性住房选址问题分析及选址建议[J].科技视界,2016,(20):140-141.

[5] 李紫薇,高举.居民福利视角下保障性租赁住房区位选址研究——基于陕西省西安市的实证分析[J].改革与开放,2022,(03):41-52.

[6] 张吉康,杨枫,张筱林.基于多源数据的深圳市保障性住房选址适宜性评价及布局策略研究[J].特区经济,2019,(06):18-23.

[7] 方永恒,聂鸿雁.租购差异视角下保障性住房福利效应测度研究[J].青海社会科学,2019(1):132-141.

[8] 国家统计局.第七次全国人口普查公报(第七号)[EB/OL].(2021-05-11).http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rk-pcgb/qgrkpcgb/202106/t20210628_1818826.html.

[9] Sumila Gulyani, Ellen M Bassett. The Living Conditions Diamond: An Analytical and Theoretical Framework for Understanding Slums[J]. SAGE Publications, 2010, 42(9).

- [10] Yulia D, Yen BTH, Matthew B. The effect of transport cost on housing affordability: Experiences from the Bandung Metropolitan Area, Indonesia[J]. Land Use Policy, 2018, 79:507-519.
- [11] 虞睿. 基于空间失配理论的保障性租赁住房选址布局与实施路径研究——以宁波市镇海区为例[C]//中国城市规划学会. 人民城市, 规划赋能——2023 中国城市规划年会论文集(19 住房与社区规划). 宁波市镇海规划勘测设计研究院, 2023:7.
- [12] 田莉, 夏菁. 国际大都市租赁住房发展的模式与启示——基于 15 个国际大都市的分析[J]. 国际城市规划, 2020, 35(06):1-7.
- [13] 诸德律, 张建坤, 王效容. 基于 GIS 与 MAS 的保障房居住空间分异影响评价指标和方法[J]. 现代城市研究, 2014, (05):22-26.
- [14] REZAEI J. Best-worst multi-criteria decision-making method[J]. Omega, 2015, 53:49-57.
- [15] REZAEI J. Best-worst multi-criteria decision making method: Some properties and a linear model[J]. Omega, 2016, 64:126-130.
- [16] 杨欣晨, 孙术发, 孙美欧等. 内蒙古大兴安岭北部原始林区防火瞭望塔选址研究[J]. 消防科学与技, 2023, 42(11):1572-1577.
- [17] 任海洋. 基于 GIS 的南京市医疗资源空间配置合理性评价模型研究[D]. 南京邮电大学, 2022.
- [18] 卢丽娜. 基于 TOD 与生活圈耦合的居住型轨道交通站区公共服务设施配置优化研究[D]. 北京建筑大学, 2023.
- [19] 诸德律, 张建坤, 王效容. 基于 GIS 与 MAS 的保障房居住空间分异影响评价指标和方法[J]. 现代城市研究, 2014, (05):22-26.
- [20] 付恒阳, 李小燕. 陕南移民安置区选址空间适宜性评价——以勉县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(04):112-121.

【作者简介】

¹郭明琪（1999-），女，汉族，学士，研究方向：工程建造与管理，西华大学土木水利专业硕士。
Email: 1239786714@qq.com

²李海凌（1976-），女，汉族，博士，教授，研究方向：绿色乡村振兴、智能建造下的工程造价，西南交通大学项目管理专业博士。Email: lhl@mail.xhu.edu.cn