

基于GIS的建筑垃圾处理场的选址研究

——以平度市为例

毕天平,牟晓雯

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要:随着城市化进程不断加快,建筑垃圾的产量也在与日俱增,科学合理地处置建筑垃圾显得尤为重要,而建设合理的建筑垃圾处理场则是进行建筑垃圾处理的关键环节。针对科学精准解决建筑垃圾处理场选址的问题,采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)与地理信息系统(Geographic Information Systems, GIS)空间分析相结合的方法进行研究,在结合政策制度约束分析的基础上选取选址影响因子并利用层次分析法确定其对应权重,综合利用缓冲区分析、重分类分析、地统计分析、加权叠加分析等GIS空间分析方法确定其适宜区域,精准圈定该区域内适宜建筑垃圾处理场选址的具体位置。该研究结果可为建筑垃圾资源化设施的选址提供参考依据。

关键词:建筑垃圾;GIS空间分析;层次分析法;选址

中图分类号:TU984;F407.9

文献标志码:A

2019年颁布的《建筑垃圾处理技术标准》(CJJ/T 134—2019)中指出建筑垃圾主要由5部分组成,分别是工程渣土、工程泥浆、工程垃圾、拆除垃圾和装修垃圾。随着经济的不断发展、城市功能的不断更新和大规模城市化建设使得建筑垃圾废弃物逐年增多,带来的危害和影响逐渐变大。据住房和城乡建设部测算,国内城市建筑垃圾的年产生量已经超过了20亿t且其资源化利用率低。

早在1946年前后,就有西方学者提出了将废弃混凝土等建筑垃圾回收利用的想法,随着国内建筑业的不断发展以及经济水平的不断提高,自20世纪90年代开始,国内学者也逐渐关注到了建筑材料回收利用率低以及建筑垃圾污染的问题。同时随着技术的进步

和政策的推进,2018年国内开始开展建筑垃圾治理的试点工作,2021年北京等35个试点城市(区)的资源化利用率由35%上升至50%^[1],而欧美等地区的城市建筑垃圾资源化处理率却已经达到了70%~95%^[2],国内的建筑垃圾处理水平始终与国外存在着一定差距,大多数城市的建筑垃圾堆放问题比较突出。在推动建设“无废城市”的大环境下,在助力实现“双碳”目标的大背景下,在技术进步经济发展的基础上,各地陆续开始开展落实建筑垃圾资源化处置工作,促进建筑废弃物资源化再生利用。建设建筑垃圾处理场的需求迫切,而建筑垃圾处理场具有规模大、占地广的特征,故建筑垃圾处理场的选址工作成为关键步骤。

针对建筑垃圾处理场的选址问题,国内外的一些学者对于其影响因素以及研究方法展开探索。早在1968年,国外的Anderson L E A^[3]使用混合整数规划法探索研究了垃圾处理设施的选址问题;Erkut E等^[4]在进行选址研究时,既考虑了成本问题,还考虑到了垃圾处理场的邻避特性,提出了在选址过程中要尽可能地远离居民地;Nema A K等^[5]利用地理信息系统(Geographic Information Systems, GIS)进行选址,其采用了Spatial - AHP的方法分成两阶段完成选址;陈璇璇等^[6]全面分析了建筑垃圾处理场选址的影响因素,从自然环境和社会环境两个方面、地质地形等8个角度阐述了相关影响;黄雄伟等^[7]提出将GIS的空间分析功能应用于建筑垃圾选址中,但缺乏实例验证分析;戴晓爱等^[8]针对垃圾处理场的选址问题建立了模糊综合评判模型,利用GIS技术,通过对叠加分析确定的候选区进行排序完成对垃圾填

埋场的选址。

本研究以GIS空间分析为基础,从建筑垃圾处理场选址的影响因素入手,选取影响因子后利用AHP层次分析法进行权重确定,基于GIS进行适宜性评价后进一步优化评价结果,最终确定建筑垃圾处理场的选址位置。

一、选址方法及流程设计

1. 流程设计

根据相关的政策文件并结合现有的文献资料,分析总结选取影响建筑垃圾处理场选址的因素,利用层次分析法对选取的影响因子进行权重确定,继而利用ArcGIS的缓冲区分析、重分类等空间分析功能进行建筑垃圾处理场选址适宜性评价,然后对得到的评价结果进行优化分析,最终得到建筑垃圾处理场的合适选址位置,对平度市区的建筑垃圾处理场选址的过程进行实例研究(见图1)。

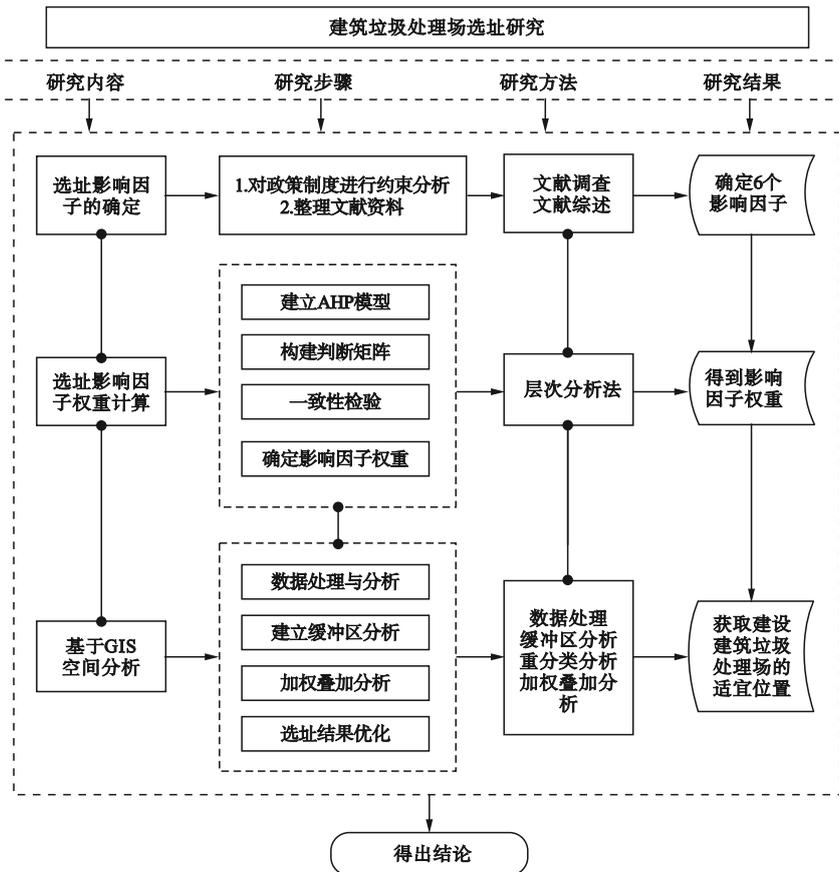


图1 研究方法设计流程

2. 主要选址方法

(1) 层次分析法

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是一种系统分析方法,是由美国运筹学家托马斯·塞蒂提出的一种定性和定量相结合的、系统的、层次的分析方法。本研究利用层次分析法将建筑垃圾处理场的各个影响因子进行对比分析,建立 AHP 模型并构造判断矩阵,完成定量定性分析,最后确定各个影响因子的权重值。

(2) 基于 GIS 的空间分析

GIS 具有强大的空间分析功能,基于 GIS 可以实现分析因素的数据可视化,利用 ArcGIS 软件对各个建筑垃圾处理场选址的影响因子进行空间分析,从而实现对其空间分布状况的了解掌握。

在收集完成所研究地区的数据后,利用 ArcGIS 软件以各影响因子的点线数据为基准进行缓冲区分析得到缓冲面,可以直观清晰地观察到不同地理位置所对应的各影响因素的重要程度,继而对缓冲区分析所得到的数据进行重分类,然后通过加权叠加功能进行图层叠加,进行各影响因子权重结果与重分类评分结果相结合的分析,得到选址适宜性区划图后再进行选址优化,最终完成建筑垃圾处理场选址的研究。

二、影响因子的确定

建筑垃圾处理场的选址需要考虑众多因素,但关于选址方面的具体指导性文件和规范性政策较少,其中《城市建筑垃圾产生源分类及垃圾排放》《城市建筑垃圾管理规定》中强调要远离居民区和饮水点,在住房和城乡建设部负责管理的《建筑垃圾处理技术标准》(CJJ/T 134—2019)中关于厂(场)址选择做出了部分规定。首先以相关政策文件为基础,其次根据已有建筑垃圾处理场的建设运营状态,分析其切实带来的不良影响,最后确定了土地利用类型、与地表水距离、人口密度、风向、道路交通条件和土地价格为 6 大选址影响因子。

1. 土地利用类型

土地利用类型是根据地域差异划分的,指的是土地利用方式相同的土地利用资源单元,可以用来反映土地利用的基本情况、土地利用用途以及分布规律。在进行建筑垃圾处理场选址的过程中,要遵从当地土地利用类型情况以及其相关规划标准,这也是建筑垃圾处理场选址的决定性因素,在选址中不应占用农业用地、居住用地等,要顺应地区发展规划、助力社会发展。

2. 与地表水的距离

在进行垃圾处理过程中,可能会产生有害废水废料,为了保护地区范围内的水体及谨防水污染,在进行建筑垃圾处理场选址时,应与当地的水土资源保护、自然保护以及其他相关要求保持一致,要远离河流、湖泊、水库等,要最大限度地保证水体安全,保护水资源环境。

3. 人口密度

在进行建筑垃圾运输的过程中,势必会产生噪音影响,可能还伴有灰尘、臭味等,这些都会给附近居民带来居住上的不便,建筑垃圾处理场属于“邻避型设施”,建设过程中极可能会出现居民有意见的情况,人口密度越大,建设建筑垃圾处理场的阻力会越大。为降低对居民生活的影响,保证建筑垃圾处理场的顺利建造和运营,建筑垃圾处理场的位置与人口密集区的距离应适当加大。

4. 风 向

在进行建筑垃圾运输中会伴有大量粉尘的产生,在进行垃圾处理时可能会产生刺激性气味,风向决定其扩散方向。遵从地区大气防护的要求,为尽可能减少对当地居民生活的影响,在进行建筑垃圾处理场选址时应适当考虑风向问题,尽可能建造于下风区。

5. 道路交通条件

建筑垃圾处理要经历“拉进来,运出去”的过程,在进行建筑垃圾处理时,应先将建筑垃圾运送到对应的建筑垃圾处理场进行相应的处理,再将完成资源化处置的建筑垃圾运出去重新投入使用,所以在建造垃圾处理场

的过程应当考虑道路交通条件,确保交通便利路况良好,方便建筑垃圾的运输。

6. 土地价格

城市或地区所处位置的不同导致其土地价格差别较大,在进行建筑垃圾处理场选址时,为提升建筑垃圾处理场的经济效益,应尽量降低其投入的成本。建筑垃圾处理场占地面积较大,征地费用占据建设投资的一大部分,在进行建筑垃圾处理场选址时,应考虑备选区域的土地价格问题,征地费用的高低对于建筑垃圾处理场的后续发展具有重要的影响。

三、确定影响因子的权重

1. 建立 AHP 模型

根据上述确定的土地利用类型、与地表水距离、人口密度、风向、道路交通条件以及土地价格6个选址影响因子,以建筑垃圾处理场选址作为研究目标建立 AHP 模型(见表1)。

表1 建筑垃圾处理场选址 AHP 模型

| 目标层 | 指标层 |
|--------------|-----------------|
| 建筑垃圾处理场选址(A) | 土地利用类型(B_1) |
| | 与地表水距离(B_2) |
| | 人口密度(B_3) |
| | 风向(B_4) |
| | 道路交通条件(B_5) |
| | 土地价格(B_6) |

2. 构建判断矩阵

本研究选取了6个影响因子,为确定各影响因素的相对重要程度,使用了1~9标度表对各指标进行打分。根据专家打分法,收集并处理打分数据,最终将对各个元素相对重要性的判断用数值的形式表达,构建出判断矩阵 B

$$B = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} & B_{13} & B_{14} & B_{15} & B_{16} \\ B_{21} & B_{22} & B_{23} & B_{24} & B_{25} & B_{26} \\ B_{31} & B_{32} & B_{33} & B_{34} & B_{35} & B_{36} \\ B_{41} & B_{42} & B_{43} & B_{44} & B_{45} & B_{46} \\ B_{51} & B_{52} & B_{53} & B_{54} & B_{55} & B_{56} \\ B_{61} & B_{62} & B_{63} & B_{64} & B_{65} & B_{66} \end{pmatrix}$$

3. 权重确定及一致性检验

利用层次分析法进行权重确定时,可以

采用方根法对判断矩阵 B 进行权重计算(见表2)。

表2 方根法计算

| 项 | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | $\sqrt[6]{M_i}$ | 权重 w_i |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|----------|
| B_1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 4 | 2 | 2.667 | 0.364 |
| B_2 | 1/3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1/2 | 1.000 | 0.137 |
| B_3 | 1/3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1/2 | 1.000 | 0.137 |
| B_4 | 1/5 | 1/3 | 1/3 | 1 | 1/2 | 1/4 | 0.375 | 0.051 |
| B_5 | 1/4 | 1/2 | 1/2 | 2 | 1 | 1/3 | 0.589 | 0.080 |
| B_6 | 1/2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 1.698 | 0.231 |

M_i 为判断矩阵 B 中每行元素的乘积,计算 M_i 的 n 次方根得 $\sqrt[6]{M_i}$ 。完成对判断矩阵的权重计算后,对其进行一致性检验,判断构造矩阵与一致性矩阵的差异程度。

根据公式 $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n (BW)_i / nW_i$ 进行计算,其中 λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值; $(BW)_i$ 表示向量 BW 的第 i 个元素; n 为指标个数,此处 $n=6$; W_i 为指标 B_i 所对应的权重值;最终得 $\lambda_{\max} = 6.0730$ 。根据公式 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 进行计算,其中 CI 为矩阵的一致性指标,最终得 $CI = 0.0146$ 。为保证计算结果满足一致性,利用公式 $CR = CI / RI$ 进行一致性检验,其中 CR 为一一致性比率; RI 为引入的随机一致性指标(见表3);最终得 $CR = 0.0118$,比较 CR 值与阈值 0.1 ,显然 $CR < 0.1$,满足一致性检验。

表3 平均随机一致性指标

| n | RI | n | RI |
|-----|------|-----|------|
| 1 | 0.00 | 5 | 1.12 |
| 2 | 0.00 | 6 | 1.24 |
| 3 | 0.58 | 7 | 1.32 |
| 4 | 0.90 | 8 | 1.41 |

四、平度市建筑垃圾选址适宜性评价

1. 区域概况

青岛市位于山东半岛南部,全市总面积 11293 km^2 ,行政区域主要包括市南、市北、李沧、崂山、西海岸新区、城阳和即墨7个市辖区,胶州、平度和莱西3个县级市,其中平度市位于青岛市西北部,地形大体北高南低,市内主要河流近20条,分属北郊莱河和大沽河两大水系(见图2)。



图2 平度市区域地图

青岛市城市建设快速发展,道路开挖、建筑施工以及拆迁改造项目日趋增多,再加上受青岛市山地较多的地形影响,产生的建筑垃圾较多,而建筑垃圾的处置大多采用建筑工地回填、填埋处理,不仅占用了大量土地资源,还对市内生态环境以及市容环境产生一定影响,青岛市建筑垃圾问题突出。自2009年9月起,青岛市开始了对建筑垃圾资源化利用的探索,但受相关配套政策不完善、建筑垃圾处理配套措施不健全等相关因素限制,青岛市建筑垃圾资源化处置目前仍处于发展阶段,建筑废弃物的资源利用率依旧较低,其建筑垃圾产生量与其资源化利用量不匹配,建筑垃圾处理问题迫在眉睫,需要得到持续关注。对青岛市建筑废弃物进行估算预测,2025年青岛市建筑垃圾产量预测将达到1 368.32万 t^[9],青岛市的建筑垃圾处理发展任重道远,选取青岛市典型区域平度市开展研究。

2. 空间分析

根据选取的影响因子,依托青岛市地图数据,依托地理信息系统利用数据库结合空间数据与属性数据的优势^[10],基于GIS对土地利用类型、与地表水距离、人口密度、风向、道路交通条件和土地价格6个影响因子进行空间分析。依托ArcMAP软件中的“缓冲”工具,根据影响因子的具体特性进行缓冲区分析,得到各影响因子相对应的缓冲面;借助ArcMAP软件中的“面转栅格”工具进行数据转换,获取栅格数据;根据其适宜性情况,对分析后得到的图层进行重分类,最终得到各个影响因子的分析图。对影响因子的栅格数

据进行得分赋值,规定适宜性越强得分越高^[11],得分区间为1~5,规定“非常适宜”得分为“5”;“比较适宜”得分为“4”;“适宜”得分为“3”;“较不适宜”得分为“2”;“不适宜”得分为“1”。

(1) 土地利用类型

根据土地利用开发背景安排,参照中国科学院土地利用覆盖LUCC分类体系,耕地、水域、城镇用地、农村居民点以及特殊用地等均不适用于建设建筑垃圾处理场^[12],赋值“1”;工业用地、林地、未利用土地均适用于建设建筑垃圾处理场^[13],赋值“5”,得到平度市土地使用类型分析图(见图3)。

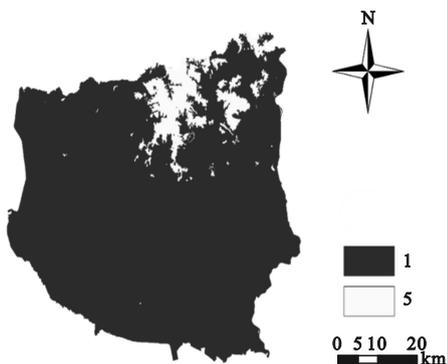


图3 平度市土地使用类型分析

(2) 与地表水的距离

在建设建筑垃圾处理场时,应注意水体保护,远离地表水资源。以水体为中心建立缓冲区并进行分级赋值,对0~500 m,500~1 000 m,1 000~1 500 m,1 500~2 000 m,2 000 m以上区域分别进行1~5的赋值,得到平度市地表水分析结果(见图4)。

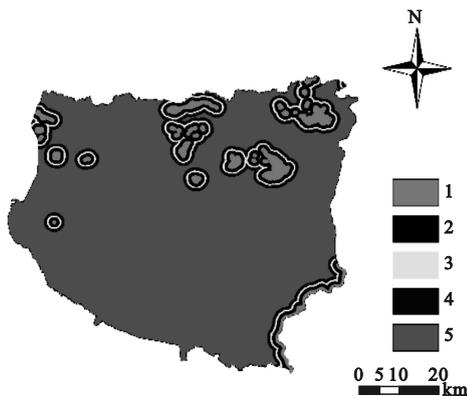


图4 平度市地表水分析

(3)人口密度

作为“邻避型设施”,在建设建筑垃圾处理场时,要注意远离人口密集区。以人口密集区为中心建立多环缓冲区并进行分级赋值,对0~1 000 m,1 000~2 000 m,2 000~3 000 m,3 000~4 000 m,4 000 m 以上区域分别进行1~5的赋值,得到平度市居民聚集地分析图(见图5)。

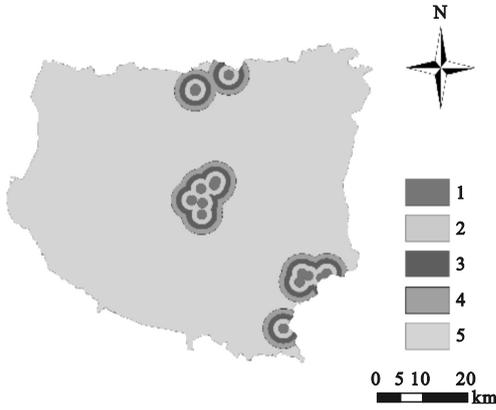


图5 平度市居民聚集地分析

(4)风 向

在建设建筑垃圾处理场时应注意设置在下风向,根据平度市数字高程模型(Digital Elevation Model,DEM)数据进行坡度分析,坡度高为上风向,坡度低为下风向,根据坡度高低依次分级并进行1~5的赋值,得到平度市坡度分析结果(见图6)。

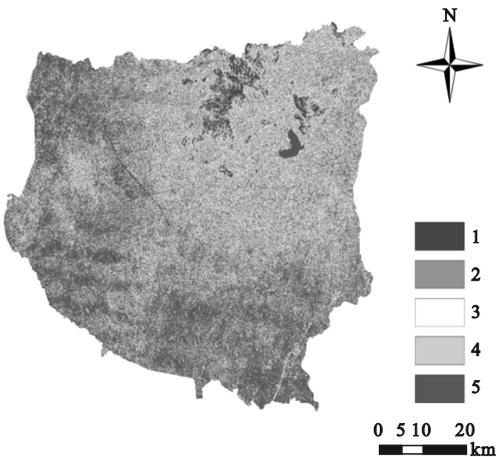


图6 平度市坡度分析

(5)道路交通条件

在进行建筑垃圾处理场的建设时,为方

便运输,应考虑其交通便利性,优先选择靠近交通线的位置^[14]。以平度市主要交通线为中心建立缓冲区并进行分级赋值,与上述“与地表水距离”分级赋值规则相同,得到平度市道路交通条件分析图(见图7)。平度市交通线路以中部区域为中心,呈网状分布,以交通线路数据为基准获取缓冲面,整体交通情况较为便利,大多数区域的得分值较高。

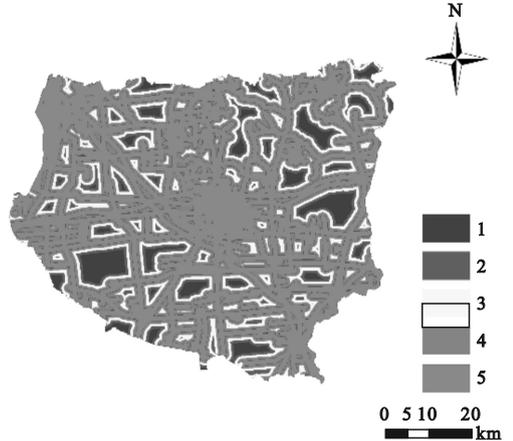


图7 平度市道路交通条件分析

(6)土地价格

在进行建筑垃圾处理场选址时,考虑到建设成本,地价越低,适宜性越强。依据平度市工业用地的土地价格,将其区域划分成五类并进行分级赋值,由地价高的区域到地价低的区域依次进行1~5的赋值,得到平度市土地价格分析结果(见图8)。区域经济发展情况越好的区域土地价格一般越高,呈现出正相关关系,平度市土地价格较高的区域主要为经济发展较好的南村镇、大泽山镇、明村镇等。

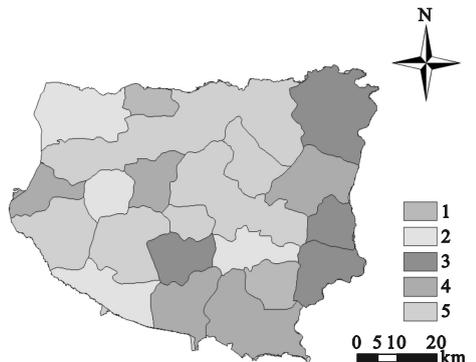


图8 平度市土地价格分析

3. 加权叠加分析

得到各个影响因子的分级图后,依据得到的权重分析结果,对6个指标进行加权叠加分析。区域范围内某区域的最终得分为该区域中各影响因子所得评分值与其权重乘积的和,对加权叠加后的区域进行分级划分,并重新赋予1~5的分值,规定0~1分赋值为“1”;1~2分赋值为“2”;2~3分赋值为“3”;3~4分赋值为“4”;4~5分赋值为“5”。同样,评分越高适宜性越强,越适合建造建筑垃圾处理场,最终得到选址性适宜区划分析结果(见图9)。

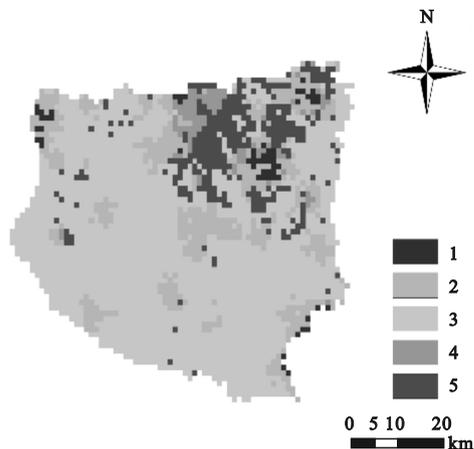


图9 平度市建筑垃圾处理场选址性适宜区划

4. 选址结果优化

通过上述加权叠加分析,可以完成对平度市区域内建造建筑垃圾处理场的适宜性评价,剔除得分较低的区域,对其适宜性区域进行优化。在进行选址适宜性评价时,只考虑了土地利用类型、与地表水距离等最基本的要求,在进行优化时,进一步考虑风景名胜、区域面积等问题,剔除面积较小区域。最终精准圈定了以下区域,分别为平度市店子镇西侧、平度市旧店镇西侧附近,经通过土地使用类型验证,其均处于可用于建设建筑垃圾处理场的地块,并利用百度地图和谷歌地球卫星影像展示所圈定区域的具体实际情况,其均交通便利,远离地表水和人口密集区,且区域面积较广阔,通过验证,其均基本符合基础建设条件,最终得到平度市选址结果优化结果(见图10)。

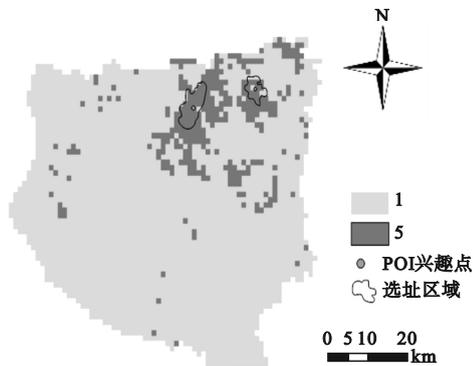


图10 平度市选址结果优化

五、结语

为探究建筑垃圾处理场的选址问题,基于GIS利用层次分析法构建选址模型。收集相关数据和资料,通过层次分析法确定各影响因子权重,在ArcGIS软件中建立空间数据库,利用GIS空间分析方法对每一个影响因子进行分析,根据加权叠加分析的结果得到赋有分值的栅格图层,其中高分值区域即为适宜建造建筑垃圾处理场的有效地块。根据上述方法,以平度市区域为研究对象进行实例验证,其得到的结果较为准确,与实际情况相符合,具有一定的参考性。

本研究可为政府等相关部门在进行建筑垃圾处理场的选址时提供合理建议,能有效推动建筑废弃物资源化再生利用,为缓解建筑材料短缺的问题提供新思路,进而有效促进绿色建造和建筑业的转型升级,推动循环经济发展,助力实现“双碳”目标。同时此方法也适用于其他建筑设施的选址工作。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 我国建筑垃圾治理工作取得积极成效[EB/OL]. (2021-12-30)[2022-11-21]. https://www.mohurd.gov.cn/xinwen/gzdt/202112/20211230_763723.html.
- [2] DUAN H, MILLER T R, LIU G, et al. Construction debris becomes growing concern of growing cities[J]. Waste management, 2019, 83(1): 1-5.
- [3] ANDERSON L E A. Mathematical model for

- the optimization of a waste management system [J]. Sanitary engineering research laboratory report, 1968, 68(1):121-143.
- [4] ERKUT E, NEUMAN S. Analytical models for locating undesirable facilities [J]. European journal of operational research, 1989, 40(3):275-291.
- [5] NEMA A K, GUPDA S K. Discussion: landfill siting using geographic information systems; a demonstration [J]. Journal of environmental engineering, 1997, 123(9):956-959.
- [6] 陈璇璇, 罗莹华, 邱玲玲, 等. 城市垃圾填埋场选址影响因素分析[J]. 能源与环境, 2020(3):76-77.
- [7] 黄雄伟, 詹骞, 莫晓红. GIS 在城市生活垃圾填埋场选址中的应用[J]. 软件导刊, 2008(3):78-79.
- [8] 戴晓爱, 李丽. GIS 与模糊综合评判方法在垃圾填埋场选址中的应用[J]. 测绘科学, 2011, 36(5):128-130.
- [9] 徐雅琪. 基于经济效益的青岛市建筑废弃物管理优化研究[D]. 青岛: 青岛理工大学, 2021.
- [10] 丁洪建. 基于 GIS 的国家登山健身步道的建设适宜性评价: 以北京昌平国家登山健身步道规划为例[J]. 城市发展研究, 2015, 22(9):109-114.
- [11] 张健, 王琛, 李一霖, 等. 吴忠市拟建大型超市选址相关问题评析[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2020, 22(5):500-505.
- [12] 王波, 孙嘉, 王静峰, 等. 建筑垃圾处置政策与对策研究[J]. 建筑经济, 2021, 42(6):8-13.
- [13] 张书鸣, 霍晓燕, 李玮. 装配式建筑垃圾全寿命期管理系统研究[J]. 建筑经济, 2021, 42(8):72-76.
- [14] 王秋菲, 李思雨. 俄罗斯智慧城市固体废弃物管理经验及其对沈阳的启示[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2022, 24(1):62-68.

Research on Site Selection of Construction Waste Disposal Site Based on GIS: A Case Study of Pingdu

BI Tianping, MU Xiaowen

(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

Abstract: With the accelerating process of urbanization, the output of construction waste is also increasing, hence the scientific and reasonable disposal of construction waste is particularly important, and the construction of reasonable construction waste disposal sites is the key link of construction waste disposal. To solve the problem of site selection of construction waste disposal sites both scientifically and accurately, the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information Systems (GIS) spatial analysis are combined to use to conduct the research. Based on the analysis of policy and institutional constraints, the influence factors of location selection were selected and the corresponding weights were determined by using the analytic hierarchy process. GIS spatial analysis methods such as buffer analysis, reclassification analysis, geostatistical analysis, and weighted superposition analysis were comprehensively used to determine suitable areas in order to delineate the specific location of the suitable construction waste disposal site in the region accurately. The research results can provide a reference for the site selection of construction waste recycling facilities.

Key words: construction waste; GIS spatial analysis; AHP; site selection

(责任编辑:王丽娜 英文审校:贾凡华)