

城市生活垃圾处理收费模式比选研究

吕露¹,陈海滨¹,苗雨^{*1},汪俊时²,曹方琼¹,欧阳秀莉¹,万能¹,黄尧¹,阮滨¹,段盼盼¹

(1.华中科技大学,武汉 430074;2.武汉华曦科技发展有限公司,武汉 430070)

【摘要】本文从经济、环境、社会、技术四个方面构建了9个评价指标,利用网络层次分析法(ANP)—熵值法综合确定各指标权重,基于集对分析方法构建城市生活垃圾处理收费模式比选模型。以沈阳市为例开展实证研究,针对沈阳市的实际情况设计了四种具体的收费模式,构建优、良、中、差四个等级,对收费模式进行评价和选择。结果显示,“水消费系数法”收费模式为当前形势及条件下适宜的生活垃圾处理收费模式,能解决当前存在的垃圾处理费收缴率低和收费成本高的难题。

【关键词】“水消费系数法”;按量收费;ANP—熵值法;集对分析法

中图分类号:X32;X7 文献标识码:A 文章编号:1673-288X(2021)04-0084-04 DOI:10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202104084

目前我国大部分城市垃圾收费模式均存在收费标准低、收缴成本高的难题,垃圾收费额远远低于垃圾处理成本,垃圾处理需要政府投入巨额资金来运转,极大地增加了政府的财政压力。因处理经费短缺带来的工艺技术落后、设施设备不足等问题已经严重阻碍了生活垃圾处理工作的正常运行^[1]。实行生活垃圾收费制度,一方面能够拓宽垃圾处理投入的资金渠道,保证垃圾收运处理产业的稳定发展和运营;另一方面,收费制度能够强化公众的环境保护意识,使公众端正对垃圾处理事务的态度,担负起自身的社会责任^[2]。

境外的生活垃圾收费理论研究和实践成果均比较丰富^[3],具有重要的借鉴意义。但是由于我国国情与国外存在较大差异,不能完全照搬国外模式,应结合各个地区经济社会、地理环境等各方面特点,因地制宜,制定最合理的收费模式^[4]。本文从经济、社会、环境、技术四个方面构建评价指标体系,建立了基于集对分析法的城市生活垃圾处理收费模式比选模型。

1 城市生活垃圾处理收费模式比选指标体系

垃圾收费模式的综合评价涉及多个方面,选

取的评价指标需要涵盖城市生活垃圾处理收费模式各方面特点并具有鲜明的代表性,本文从环境、经济、社会、技术四个方面构建了9个指标元素。

(1) 环境指标(A)

污染治理效果(A1):城市生活垃圾的污染治理依靠先进的处理技术和完善的收运处理设施,当收费模式带来的经济效益较好时,污染治理资金就更充裕,相应的治理效果也会得到提升。

环境公平性(A2):环境公平包括主体公平和责任公平,即排放垃圾的主体必须支付垃圾处理费用,并体现“多污染,多付费”原则。

(2) 经济指标(B)

征收成本(B1):指的是垃圾处理费征收过程中需要支出的费用。

收缴额(B2):收缴额为不同垃圾收费模式的理论收费额扣除对应的征收成本。

(3) 社会指标(C)

居民知晓率(C1):指的是居民对于城市生活垃圾处理收费制度的了解程度。知晓率越高,越有利于垃圾收费制度的实施。

居民经济压力(C2):居民所承受的经济压力是影响居民支付意愿的一个重要因素,其计算公式为:居民经济压力=户均生活垃圾费用支出/户

作者简介:吕露,硕士研究生,主要研究方向为固体废弃物处理及资源化

通讯作者:苗雨,教授,博士生导师,主要研究方向为环境岩土工程与固废处理

均可支配收入。

居民支付意愿(C3):指的是居民愿意支付城市生活垃圾处理费用的程度。居民支付意愿越高,代表居民越认可这一收费制度,越有利于收费制度的执行管理。

(4)技术指标(D)

执行难度(D1):一项垃圾收费制度的实施一般需要经过前期调研、收费模式比选、收费方案编制、专家审查和听证会、颁布实施五个环节。本文中考察的执行难度指标主要是针对前期调研工作和颁布实施两个环节。

管理难度(D2):垃圾收费管理需要相应的政策法规提供依据和保障。在实施垃圾收费的过程中,总会存在不同程度的拒缴、漏缴、少缴等现象。不同收费模式下的管理难度依据当地政府相关政策法规的完善程度以及上述不当现象发生的频率确定。

综上所述,城市生活垃圾处理收费模式比选研究的指标体系如表 1 所示。

表 1 城市生活垃圾处理收费模式比选指标体系

指标准则	环境指标 A	经济指标 B	社会指标 C	技术指标 D
指标元素	污染治理	征收成本	居民知晓率	执行难度
	效果 A1	B1	C1	D1
	环境公平性	收缴额	居民经济	管理难度
	A2	B2	压力 C2	D2
			居民支付	
			意愿 C3	

2 比选模型构建

2.1 评价指标权重

在多个方案中确定一个最优方案,关键就是构建一个综合比选模型。而在比选模型中,权重的取值会决定评价结果的正确性和可靠性。本文利用 ANP((Analytic Network Process,网络层次分析法)—熵值法分别计算指标权重,再采用乘法合成归一法将主客观权重进行融合,既能充分利用实测数据又能切实考虑专家学者的经验知识,可以最大限度提高指标权重计算的科学性。

网络层次分析法(ANP)确定主观权重的步骤为:第一,构造元素间的依存和反馈关系网络,得到 ANP 网络结构,如图 1 所示;第二,对元素进

行优势度比较,构建判断矩阵和加权超矩阵;第三,构建极限超矩阵,得到元素主观权重值^[5]。

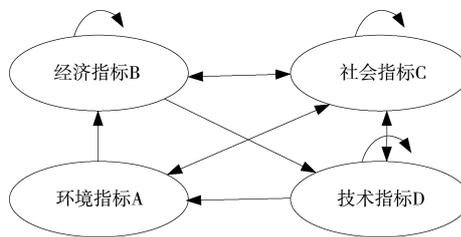


图 1 城市生活垃圾处理收费模式比选的 ANP 网络结构图

熵值法确定客观权重的步骤为:首先利用公式(1)对初始数据进行标准化处理,接着利用公式(2)和公式(3)分别计算各指标的信息熵值和加权系数^[6]。

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, 0 \leq y_{ij} \leq 1 \quad (1)$$

$$h_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij}, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$w_j = \frac{1 - h_j}{\sum_{j=1}^n (1 - h_j)}, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

采用乘法合成归一法对指标元素的主客观权重进行融合^[7],计算公式如下:

$$\omega_j = \frac{\omega_j^1 \omega_j^2}{\sum_{j=1}^n \omega_j^1 \omega_j^2} \quad (4)$$

2.2 集对分析比选方法

本文利用集对分析法对四种城市生活垃圾处理收费模式进行比选。集对分析是一种处理不确定性的分析方法,适用于多对象多场合的评价比较^[8]。

对集对 $H(A, B)$ 中集合 A 和集合 B 联系度的表达式为:

$$\mu = \frac{S}{N} + \frac{F}{N}I + \frac{P}{N}J = a + bI + cJ \quad (5)$$

设立优、良、中、差四个等级,利用集对分析中的四元联系度对四种收费模式进行评价,设一个评价模式为集合 $A_i(x_1, x_2, \dots, x_j, j$ 为指标个数),评价等级为 T_1, T_2, \dots, T_k , 共 K 个等级,对应 T_k 等级的集合为 $H_k(S_{k0}, S_{k1}, \dots, S_{kj})$ 。评价的具体步骤如下:

(1) 计算指标联系度 μ_{ijk}

(2) 根据下式计算 A_i 与等级 k 之间的联系数 $\overline{\mu_{ik}}$

$$\overline{\mu_{ik}} = \sum_{j=1}^m w_j \mu_{ijk} (i = 1 \sim n, k = 1 \sim K) \quad (6)$$

$$I = \frac{a}{a+b} + \frac{c}{b+c} J \quad (7)$$

(3) 根据下式计算综合隶属度 ν_{ik}

$$\nu_{ik} = \frac{0.5 + 0.5 \overline{\mu_{ik}}}{\sum_{k=1}^K (0.5 + 0.5 \overline{\mu_{ik}})} \quad (8)$$

(4) 确定评价等级

利用置信度原则确定评价等级,选取合适的置信度 λ ,取综合隶属度之和达到置信度时所处的最高等级为该评价对象的等级:

$$h_i = \min \left\{ k \mid \sum_{j=1}^k \nu_{ij} \geq \lambda, 1 \leq k \leq K \right\} \quad (9)$$

3 案例分析

3.1 垃圾处理收费模式的设计

通过对沈阳市垃圾处理收费现状的分析,结合国内外收费模式的优秀经验,设计了四种垃圾处理收费模式,如表 2 所示。

表 2 沈阳市城市生活垃圾处理收费模式

序号	收费模式	收费标准
模式一	定额收费+上门收缴	10 元/户·月
模式二	定额收费+委托自来水公司收缴	10 元/户·月
模式三	“水消费系数法”收费	1.6 元/吨水
模式四	随袋征收	专用垃圾袋,0.09 元/升

3.2 指标分析

在所有评价指标中,定量指标为征收成本、收缴额、居民知晓率、居民经济压力与居民支付意愿,通过调查问卷和调研数据确定指标值;定性指标为污染治理效果、环境公平性、执行难度与管理难度,通过德尔非法来确定指标值。最终得到的四种城市生活垃圾处理收费模式各指标数值如表 3 所示。

表 3 城市生活垃圾处理收费模式指标数值

评价 指标	环境 指标 A		经济指标 B		社会指标 C			技术 指标 D	
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2
模式一	2.7	1.5	2425.0	13741.4	40.50%	0.10%	85%	7.2	5.4
模式二	4.3	1.5	484.9	23761.1	39.42%	0.10%	87%	3.2	3.1
模式三	8.5	6.5	997.4	48871.8	27.62%	0.19%	79%	2.3	2.7
模式四	4.2	6.7	1501.9	23530.5	30.49%	0.13%	69%	5.4	8.5

ANP 法的原理和过程比较复杂,人工运算难度非常大,此处借助 Super Decision 软件进行主观权重计算。客观权重通过公式(1)—公式(3)计算得到,最后利用公式(4)计算得到最终的指标权重,如表 4 所示。

表 4 各指标的最终权重

评价指标	A1	A2	B1	B2	C1
主观权重	0.017	0.051	0.091	0.120	0.156
客观权重	0.112	0.267	0.178	0.131	0.016
最终权重	0.020	0.141	0.168	0.163	0.026

评价指标	C2	C3	D1	D2
主观权重	0.051	0.157	0.201	0.156
客观权重	0.047	0.005	0.113	0.132
最终权重	0.025	0.008	0.236	0.214

3.3 集对分析评价

9 个评价指标元素中,不同收费模式的征收成本和收缴额差值非常大,而居民经济压力差值非常小,为了便于计算和比较,对这三项指标进行最大值标准化处理。9 个评价指标元素对应优、良、中、差四个等级的取值范围见表 5。

表 5 城市生活垃圾处理收费模式各指标对应评价等级的取值范围

评价指标	A1	A2	B1	B2	C1
模式一	≥ 8.5	≥ 6.5	≤ 0.2	≥ 0.8	$\geq 40\%$
模式二	6~8.5	4~6.5	0.2~0.5	0.5~0.8	35%~40%
模式三	3~6	2~4	0.5~0.8	0.3~0.5	30%~35%
模式四	≤ 3	≤ 2	≥ 0.8	≤ 0.3	$\leq 30\%$

评价指标	C2	C3	D1	D2
模式一	≤ 0.55	$\geq 86\%$	≤ 2.5	≤ 3
模式二	0.55~0.65	80%~86%	2.5~5	3~5
模式三	0.65~0.8	74%~80%	5~7	5~8
模式四	≥ 0.8	$\leq 74\%$	≥ 7	≥ 8

将不同模式与等级构成集对,结合各指标元素的综合权重对不同模式对应等级的同一度 a 、差异度 b 和对立度 c 进行计算,对立度标示数 J 取-1,利用公式(7)计算 I 值,将 I 值代入公式(6)中即可得到 $\overline{\mu_{ik}}$,再利用公式(8)计算不同收费模式对应等级的综合隶属度 ν_{ik} ,取置信度 $\lambda = 0.8$,利用公式(9)确定不同收费模式的评价等级,最终四种生活垃圾收费模式的评价等级如表 6 所示。

表 6 不同城市生活垃圾处理收费模式的评价等级

编号	收费模式	评价等级
模式一	定额收费+上门收缴	差
模式二	定额收费+委托自来水公司收缴	中
模式三	“水消费系数法”收费	良
模式四	随袋征收	中

最终评价结果显示,四种收费模式都没有达到优,其中模式三评价等级最高为良,模式二和模式四的评价等级为中,模式一的评价等级为差。由于我国城市垃圾收费制度起步较晚,垃圾收费体系尚不成熟,每一种收费模式在具体实施中都会存在一定的问题,故没有收费模式达到最优。模式三在我国部分城市已取得成功实践,在技术操作层面与经济层面明显优于其他三种收费方式,综合评价等级也是最高,故“水消费系数”收费模式是当前最适宜沈阳市的城市生活垃圾处理费征收模式。

4 结束语

本文在确定城市生活垃圾处理收费模式各指标权重时,为了兼顾实测数据和专家学者的经验知识,提高指标元素权重计算的科学性,采用了网络层次分析法(ANP)和熵值法相结合的主客观

综合赋权法,并首次将集对分析法用于城市生活垃圾处理收费模式比选模型的构建,设立四个评价等级,利用数学模型计算不同模式各指标元素与评价等级的联系度,使评价比选结果更加科学合理。

参考文献:

- [1] 李东澍,郭为禄.反思与对策:城市生活垃圾问题及其法律治理[J].理论月刊,2017(02):82-86.
- [2] 罗毛则.创新收费管理 科学统筹安排 扎实推进城市生活垃圾处理收费改革[J].价格理论与实践,2017(10):14-15.
- [3] 王楠,闫如玉.城市生活垃圾收费制度国际经验与政策启示[J].国际经济合作,2015(08):59-63.
- [4] 刘曼琴,谢丽娟.城市生活垃圾处理收费规制的研究动态[J].价格理论与实践,2017(06):86-89.
- [5] GUPTA G, MISHRA R P. Identification of Critical Components Using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance[J]. Procedia CIRP. 2018, 69:905-909.
- [6] 吴德华,林庚钊.基于权重优化的高速公路运营安全评价算法[J].福州大学学报(自然科学版),2016,44(04):598-603.
- [7] SNAMAN J, LEVINE D, Baker J. Empowering Bereaved Parents in the Development of a Comprehensive Bereavement Program (SA503) [J]. Journal of Pain and Symptom Management, 2016, 51(02):387-388.
- [8] WEI C, DAI X, YE S, et al. Prediction Analysis Model of Integrated Carrying Capacity Using Set Pair Analysis[J]. Ocean & Coastal Management, 2016, 120:39-48.

Comparison and selection of charge models for municipal solid waste treatment

LV Lu¹, CHEN Haibin¹, MIAO Yu^{*1}, WANG Junshi², CAO Fangqiong¹, OUYANG Xiuli¹,
WAN Neng¹, HUANG Yao¹, RUAN Bin¹, DUAN PanPan¹

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Huaxi Science and Technology Development Co., Ltd., Wuhan 430070, China)

Abstract: This article constructs nine evaluation indicators from four aspects of economy, environment, society and technology. The weights of each indicator were comprehensively determined using the ANP-entropy weight method, and comparison and selection model of charging models for municipal solid waste treatment was constructed based on set pair analysis. Then Shenyang City, as an example, is carried out empirical research. According to the actual situation of Shenyang City, four specific charging models are designed. Four grades of excellent, good, medium and poor are designed to evaluate and select the charging mode. The results show that the Water Consumption Coefficient Method charging model is an appropriate domestic waste treatment charging model under the current situation and conditions, which can solve the current problems of low collection rate of waste treatment fees and high cost of charges.

Keywords: Water Consumption Coefficient Method; pay as you throw; ANP-entropy method; set pair analysis