

基于灰数 DEMATEL 的 WEEE 回收渠道 决策影响因素分析

刘永清^{1*}, 谢紫微², 丁文彬¹, 刘宇³

(1.湖南科技大学 商学院,湖南 湘潭 411201;2.广州工商学院 会计系,广东 广州 510800;
3.华为技术有限公司 2012 实验室,广东 深圳 518129)

摘要:分析与识别影响处理商回收渠道决策的因素具有重要的现实与理论意义.基于灰数系统理论与 DEMATEL 方法,通过专家调查法与实地调研,对制约因素进行分类,并对因果图进行分析,得到影响处理商回收渠道决策的最关键因素是健全的回收体制,首要的结果因素是回收处理商同行业间的协同.本研究为更好地完善回收处理活动提供决策支持.

关键词:处理商;回收渠道决策;影响因素;灰数 DEMATEL 方法

中图分类号:X705;F713.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2018)02-0095-08

Analysis on Influencing Factors of Recycling Channel Decision-making In WEEE based on Grey-DEMATEL Method

Liu Yongqing¹, Xie Ziwei², Ding Wenbin¹, Liu Yu³

(1.School of Business, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
2.Accounting Department, Guangzhou College of Technology and Business, Guangzhou 510800, China;
3.Huawei Technologies Co., Ltd. 2012 Laboratory, Shenzhen 518129, China)

Abstract: Analysis and identification of factors affecting processors recycling channel decisions have important practical and theoretical significance. Based on the grey system theory and the DEMATEL method, through field investigation, expert investigation method and classifying constraints, the cause and effect diagram was analyzed, the key factors affecting processors recycling channel decisions were got, it was a sound system of recycling, and the result of the primary factors was recycling business coordination between the same industry. It is to better improve recycling activities to provide decision support.

Keywords: processors; recycling channel decision; affecting factors; grey-DEMATEL method

随着经济的快速发展,在产生巨大电子电器产品需求的同时,近年来我国废弃电子电气设备(WEEE)的产生量十分惊人.电子废弃物数量的快速增长给社会的资源与环境带来了巨大压力,因此,有效回收和生态化处理 WEEE 产品是目前我国乃至全球急需解决的突出问题.然而,WEEE 的回收渠道决策面临如下瓶颈:(1)WEEE 逆向物流不同于电器的常规物流(也称正向物流),不仅其流向、流程、流体不同,而且其流量也不确定;(2)拥有 WEEE 的用户所涉及的面和量广而大,因此,其回收渠道不容易确定;(3)实际操作和理论研究的行业专家对 WEEE 产品的信息评价不够清晰.而一种产生于灰数集上的数学理论——灰数理论,是一种用离散数据解决不确定性问题的有效方法,其主要优势在于通过采用灰色区间数构建出具

收稿日期:2017-01-13

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(2016JJ2060);湖南省教育厅科学研究重点资助项目(17A076);教育部人文社科规划基金资助项目(16YJA630058)

*通信作者,E-mail: lyq19631991@163.com

有柔性的决策模型,使得决策结果更加接近实际^[1].另外,DEMATEL方法对研究结构矩阵中复杂的因果关系或有向图非常实用.它通过描述系统中各个因素之间的逻辑关系构建直接影响矩阵,计算各因素对其他因素的影响和被影响程度,再根据影响度和被影响度计算得出中心度和原因度,最后进行分类(属于原因因素还是结果因素).基于此,本文采用灰数系统理论与DEMATEL方法,通过专家调查法与实地调研,对制约因素进行分类,并对因果图进行分析.

1 文献综述

目前WEEE逆向供应链的回收渠道决策研究主要集中在如下几方面:一是对单链的闭环供应链回收渠道决策进行了相关研究.如Savaskan^[2]运用博弈论构建了垄断的零售商和生产商的回收渠道决策模型;刘永清^[3]运用演化博弈研究了回收处理商与政府在回收渠道决策上的博弈问题;顾巧论^[4]研究了单一的制造商和单一的零售商回收的背景下废旧电器定价策略问题.二是针对链与链竞争的闭环供应链回收渠道决策进行了研究.如McGuire^[5]较早营销研究领域提出了链与链竞争的纵向结构;Wu^[6]研究了不同链条的均衡结构;杜世海^[7]研究了链与链的竞争优势来源及评价方法;Webster^[8]研究了联合回收和单独回收2种体系,得出联合回收是一种高效率的回收渠道;较多学者(Savaskan^[9];韩小花^[10];王文宾、达庆利^[11])应用不同的理论方法构建了多种市场结构下闭环供应链回收渠道的决策模型.另外,也有学者(Jayaraman^[12];Nagurney)利用数学优化方法构建了废旧电器的回收网络优化模型,为处理商优化回收渠道提供了方法支持.

近年来,较多学者将灰数系统理论与DEMATEL方法相结合进行电子废弃物回收研究,付小勇^[13]通过灰数DEMATEL方法分析了制约生产商实施废旧电子产品回收处理的根本原因因素——缺乏政府的有效激励和关键因素——缺乏有效的废旧电子产品回收体系;朱庆华^[14]基于灰数方法,根据因果关系分类,对我国电信设备制造生态设计实践因素进行了量化分析,提供了一种生态设计实践的方法;Vakili-Ardebili和Boussabaine^[15]将灰数方法应用到生态设计,进行产品生态绩效评估;Shams和Nachiappan利用DEMATEL研究,表明资源可用性、循环任务和可回收材料的体积和质量的协调和整合是电脑回收业务的关键.而张世勋^[16]从6个方面对电子废弃物逆向物流发展的关键因素进行分析,结果表明;废弃物利用、培训投资、先进技术的应用以及高管支持等因素是电子废弃物逆向物流发展的关键因素,流程层面起到核心作用.刘永清等^[17]结合调研访谈和专家分析总结了22种影响因素,运用Grey-DEMATEL方法对专家数据进行量化分析,根据量化结果对各个因素进行了因果分类和重要性排序.本文在总结学者们的研究的基础上,在分析方法上采用了与文献[17]相似的办法,却从政府、客户、技术、环境4个维度建立了12个制约因素,并进行了敏感性分析,避免了因某一专家在语意评价过程中由于潜在偏见对实证结果造成的影响值.

2 研究方法

2.1 灰数系统理论

灰数系统理论是为了克服某些具有不确定性的决策问题的一种方法,如今已广泛应用于各个领域.灰数系统理论以灰数区间代替了以往将问题具体化的方法,因而使得决策模型更具有柔性,模型分析更加贴近实际,尤其在管理学中经常使用的专家分析法.使用灰数区间来表示专家的评价意见有利于克服因专家意见的主观性所带来的不确定性,试图达到专家评价的意见与现实更为贴近,从而让决策结构更加可靠.

以 $\otimes x$ 来表示灰数^[6],即区间灰数 $\otimes x$, $\otimes x$ 属于 $[\underline{\otimes}x, \bar{\otimes}x]$,其中 $\underline{\otimes}x$ 表示为灰数 $\otimes x$ 的下限, $\bar{\otimes}x$ 表示为灰数 $\otimes x$ 的上限. $\otimes x_{ij}^k$ 为专家 k 对回收处理商回收渠道决策影响因素 i 影响影响因素 j 的程度, $\otimes x_{ij}^k$ 属于 $[\underline{\otimes}x_{ij}^k, \bar{\otimes}x_{ij}^k]$,即 $\otimes x_{ij}^k = [\underline{\otimes}x_{ij}^k, \bar{\otimes}x_{ij}^k]$.在灰数区间表示下的专家评价语意变量不方便进行下一步的计算分析,所以我们将灰数区间转化为清晰数,具体灰数清晰化^[18]步骤如下:

$$\otimes x_{ij}^{-k} = (\otimes x_{ij}^k - \min \otimes x_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max}; \tag{1}$$

$$\bar{\otimes} x_{ij}^{-k} = (\bar{\otimes} x_{ij}^k - \min \bar{\otimes} x_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max}; \tag{2}$$

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max \bar{\otimes} x_{ij}^k - \min \otimes x_{ij}^k; \tag{3}$$

$$Y_{ij}^k = \frac{\otimes x_{ij}^{-k} (1 - \otimes x_{ij}^{-k}) + (\otimes x_{ij}^{-k} \times \bar{\otimes} x_{ij}^{-k})}{(1 - \otimes x_{ij}^{-k} + \bar{\otimes} x_{ij}^{-k})}; \tag{4}$$

$$Z_{ij}^k = \min \otimes x_{ij}^k + Y_{ij}^k \times \Delta_{\min}^{\max}. \tag{5}$$

2.2 灰数 DEMATEL 方法

本文将灰数系统理论和 DEMATEL 方法相结合,对制约回收处理商回收渠道决策的因素进行识别与分析,步骤如下:

1) 识别制约回收处理商回收渠道决策的因素,完成问卷调查并通过语意变量表得出影响因素矩阵. k 位专家对识别的因素进行两两分析对比,其评价程度分为 5 个层次:没有直接影响、较弱的影响、中等的影响、较强的影响、非常强的影响,并分别标识为 N, VL, L, H, VH. 其中,专家评价的语意变量所对应的灰数区间值如表 1 所示.

基于个体的差异性,选取的 k 位专家对回收处理行业的认知与实践程度也是具有差异的.所以本文通过权重值分布的不同来克服这一差异性.权重的赋予以灰数区间的形式给出,具体见表 2.

2) 建立灰数矩阵.通过表 1 中赋予的专家评价语义变量^[1]将专家评价意见矩阵转换为 $n \times n$ 的灰数矩阵 $\otimes x$.

表 1 专家评价的语意变量

语意变量	灰数
没有直接影响(N)	[0, 0]
有弱的影响(VL)	[0, 0.25]
有中等影响(L)	[0.25, 0.5]
有较强影响(H)	[0.5, 0.75]
有非常强的影响(VH)	[0.75, 1]

表 2 专家权重的语意变量

语意变量	灰数
不重要	[0, 0.3]
稍不重要	[0.3, 0.5]
重要	[0.4, 0.7]
较重要	[0.5, 0.9]
非常重要	[0.7, 1]

3) 计算得出权重矩阵.利用式(1)~式(5)把 k 位专家的评价意见灰数矩阵与权重值进行清晰化处理,再用式(6)把 k 位专家清晰化处理后的矩阵整合为一个矩阵,即权重矩阵 Z .

$$Z_{ij} = \omega_1 Z_{ij}^1 + \omega_2 Z_{ij}^2 + \dots + \omega_p Z_{ij}^p. \tag{6}$$

式中: $\sum_{i=1}^p \omega_i = 1$.

4) 计算得出综合影响矩阵.利用式(5)和式(6)将权重矩阵 Z 标准化,借助 MATLAB 软件计算式(7)得到综合影响矩阵 $T(T = [t_{ij}]_{n \times n})$,在这个矩阵中 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, n)$ 为其特征根.

$$N = s \cdot Z; \tag{7}$$

$$s = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, n; \tag{8}$$

$$T = N + N^2 + N^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} N^i = N(1 - N)^{-1} \text{ 当 } |\lambda_i| < 1, \lim_{i \rightarrow \infty} N^i = [0]_{n \times n}. \tag{9}$$

5) 在综合影响矩阵 T 中,计算 R_i 和 D_j .

$$R_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}, \forall i; \tag{10}$$

$$D_j = \sum_{i=1}^n t_{ij}, \forall j. \tag{11}$$

基于 DEMATEL 方法的分析原理,我们将 R_i 定义为行因素,即影响回收处理商回收渠道决策的因素 i

对其他影响因素所造成的影响综合值;将 D_j 定义为列因素,即影响回收处理商回收渠道决策的因素 j 被其他因素所影响的综合值.

6) 计算各个影响因素的中心度 P_i 和原因度 E_i .

$$P_i = \{R_i + D_j \mid i = j\}; \tag{12}$$

$$E_i = \{R_i - D_j \mid i = j\}. \tag{13}$$

以 P_i 和 E_i 为横纵坐标系的维度来把各个影响因素绘制在笛卡尔坐标系上,矩阵与图形的相结合,通过各个影响因素在坐标系上的点来做出判断. E_i 纵坐标轴上,如果位置位于 0 刻度以上,那么表明该影响因素对其他因素的影响值较大,且较难通过其他因素来实现对自身的改变,统称这类因素为原因因素;当位于 0 刻度以下,其属于较容易受其他因素影响的一类因素.则统称这类因素为结果因素,以综合影响矩阵 T 的均值 θ 为初始值,当综合影响矩阵中矩阵元素 $t_{ij} \geq \theta$, 那么表明回收处理商决策的影响因素 i 会影响到因素 j ,一般用实线以及虚线配以箭头指示方向来表示影响因素之间的关系.

3 研究设计与数据分析

数据分析可以分为 4 个板块:(1)灰数 DEMATEL 问卷设计;(2)运用灰数 DEMATEL 的分析过程;(3)中心度与原因度;(4)因果图.

本文将设计好的问卷发放给 5 位不同领域的专家学者,基于他们的反馈来进行下一步数据的分析.这 5 位专家学者分别是理论研究学者、政府人员、环保行业相关人员、回收处理行业相关人员以及行业学者.通过理论分析与调研访谈,以及 5 位专家学者对于回收处理渠道决策的认知程度,根据文献给予他们在问卷调查中不同的权重,因其权重具有模糊性所以以灰数的形式来表示更为合理,如表 3 所示.

表 3 专家权重

专家学者	灰数权重
专家 1	[0.7, 1]
专家 2	[0.5, 0.9]
专家 3	[0.3, 0.5]
专家 4	[0.3, 0.5]
专家 5	[0.4, 0.7]

对通过问卷获取的 5 位专家 720 个数据进行一致性检验,取 95%置信区间($\alpha = 0.05$),输出的信度系数 Cronbach's Alpha 为 0.834,通常在探索性研究中要求 Cronbach's Alpha 系数至少达到 0.6,量表达到 0.8 或更高即认为一致性信度很好,可以认为本文数据一致性信度很好.接下来基于灰数系统理论与 DEMATEL 方法来对影响回收处理商回收渠道决策的因素进行分析.

步骤 1:通过对国内外文献与理论研究,以及结合现行政策与回收处理商的实际情况,从政府、处理商、客户、技术、环境 5 个层面,总结出影响回收处理商回收渠道决策的 12 个因素.通过对专家学者的实地调研采访获得直接影响矩阵 Y ,如表 4 所示.

表 4 实施废旧电子产品回收处理影响因素影响

因素	解释说明	因素	解释说明
a1	政府有效的激励手段	a7	客户对回收的需求
a2	相关回收法律法规的制定	a8	客户对环保的认知度
a3	政府宏观调控下资源整合	a9	是否配备相关专业人员
a4	健全的回收体制	a10	技术的更新换代能力
a5	回收处理的成本	a11	回收过程中产生的环境污染
a6	回收处理商同行业间的协调	a12	废弃物的利用是否合理

步骤 2:通过专家调查法得到直接影响矩阵 Y ,矩阵变量为语意变量.根据表 1 将 5 位专家的评价语意矩阵转换成 $n \times n$ 的灰数矩阵 $\otimes x$,灰数矩阵 $\otimes x$ 对角线上的数值均为[0,0].通过式(1)~式(5)将灰数矩阵 $\otimes x$ 和表 3 中的各专家权重进行清晰化处理.分别得到 5 个专家的清晰化直接影响矩阵 Y .再利用式(6)得到各专家的权重矩阵 Z ,如表 5 所示.

表 5 各个因素的权重矩阵 Z

因素	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
a1	0.000	0.503	0.574	0.783	0.408	0.291	0.357	0.352	0.278	0.538	0.157	0.331
a2	0.498	0.000	0.538	0.409	0.446	0.296	0.155	0.357	0.424	0.193	0.260	0.336
a3	0.323	0.332	0.000	0.332	0.498	0.350	0.101	0.211	0.175	0.162	0.117	0.139
a4	0.357	0.341	0.538	0.000	0.719	0.576	0.357	0.350	0.520	0.289	0.309	0.481
a5	0.295	0.399	0.371	0.312	0.000	0.216	0.368	0.148	0.327	0.415	0.186	0.448
a6	0.357	0.288	0.440	0.494	0.440	0.000	0.211	0.173	0.303	0.350	0.164	0.298
a7	0.386	0.453	0.474	0.415	0.399	0.109	0.000	0.447	0.572	0.668	0.529	0.336
a8	0.440	0.590	0.512	0.550	0.361	0.364	0.778	0.000	0.305	0.267	0.336	0.177
a9	0.250	0.131	0.410	0.421	0.688	0.293	0.249	0.341	0.000	0.459	0.554	0.331
a10	0.320	0.279	0.516	0.570	0.628	0.458	0.288	0.304	0.576	0.000	0.405	0.747
a11	0.550	0.896	0.474	0.474	0.512	0.324	0.550	0.713	0.378	0.378	0.000	0.314
a12	0.335	0.503	0.522	0.438	0.399	0.227	0.325	0.399	0.475	0.379	0.876	0.000

步骤 3:利用式(7)和式(8)对权重矩阵 Z 进行标准化,得到标准化的权重矩阵 N ,如表 6 所示.求得标准化后的权重矩阵特征根 $|\lambda_{\max}| = 0.628 < 1$.

表 6 各个因素标准化后的权重矩阵 N

因素	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
a1	0.000	0.091	0.103	0.141	0.073	0.052	0.064	0.063	0.050	0.097	0.028	0.060
a2	0.090	0.000	0.097	0.074	0.080	0.053	0.028	0.064	0.076	0.035	0.047	0.061
a3	0.058	0.060	0.000	0.060	0.090	0.063	0.018	0.038	0.031	0.029	0.021	0.025
a4	0.064	0.061	0.097	0.000	0.129	0.104	0.064	0.063	0.094	0.052	0.056	0.087
a5	0.053	0.072	0.067	0.056	0.000	0.039	0.066	0.027	0.059	0.075	0.033	0.081
a6	0.064	0.052	0.079	0.089	0.079	0.000	0.038	0.031	0.055	0.063	0.029	0.054
a7	0.069	0.082	0.085	0.075	0.072	0.020	0.000	0.080	0.103	0.120	0.095	0.061
a8	0.079	0.106	0.092	0.099	0.065	0.066	0.140	0.000	0.055	0.048	0.061	0.032
a9	0.045	0.024	0.074	0.076	0.124	0.053	0.045	0.061	0.000	0.083	0.100	0.060
a10	0.058	0.050	0.093	0.103	0.113	0.082	0.052	0.055	0.104	0.000	0.073	0.134
a11	0.099	0.161	0.085	0.085	0.092	0.058	0.099	0.128	0.068	0.068	0.000	0.057
a12	0.060	0.091	0.094	0.079	0.072	0.041	0.059	0.072	0.086	0.068	0.158	0.000

步骤 4:根据式(9),利用 MATLAB 软件对标准化后的权重矩阵 N 进行处理,可得到各个因素的综合影响矩阵 T ,如表 7 所示.

表 7 各个因素的综合影响矩阵 T

因素	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
a1	0.223	0.332	0.384	0.403	0.370	0.250	0.259	0.262	0.284	0.308	0.235	0.276
a2	0.273	0.214	0.335	0.304	0.329	0.219	0.199	0.233	0.268	0.221	0.220	0.240
a3	0.189	0.206	0.173	0.222	0.262	0.178	0.139	0.156	0.170	0.160	0.142	0.156
a4	0.291	0.318	0.387	0.285	0.427	0.298	0.268	0.269	0.328	0.279	0.269	0.305
a5	0.225	0.263	0.289	0.269	0.235	0.191	0.217	0.187	0.241	0.243	0.199	0.247
a6	0.232	0.242	0.297	0.296	0.307	0.154	0.190	0.187	0.233	0.230	0.189	0.221
a7	0.305	0.347	0.388	0.366	0.390	0.232	0.218	0.297	0.348	0.346	0.313	0.293
a8	0.305	0.356	0.382	0.374	0.367	0.262	0.333	0.211	0.295	0.275	0.269	0.254
a9	0.249	0.259	0.333	0.324	0.389	0.232	0.232	0.247	0.216	0.281	0.284	0.259
a10	0.302	0.328	0.405	0.399	0.437	0.295	0.273	0.279	0.356	0.246	0.305	0.365
a11	0.364	0.452	0.429	0.414	0.444	0.292	0.337	0.365	0.348	0.330	0.250	0.315
a12	0.304	0.365	0.401	0.374	0.394	0.254	0.278	0.296	0.335	0.304	0.370	0.236

步骤5:根据综合影响矩阵 T ,利用式(10)~式(13)来计算各个影响因素的影响度 R_i 与被影响度 D_j .得到中心度 P_i 与原因度 E_i ,如表8所示.根据各个影响因素的中心度与原因度,建立笛卡尔坐标系,绘制出影响回收处理商回收渠道决策各因素的因果路线图,取综合影响矩阵 T 的均值 $\theta = 0.286$ 为初始值,如图1所示.

表8 各个因素的中心度与原因度

因素	行和(R)	列和(D)	行列和(R+D)	行列差(R-D)
a1	3.585	3.261	6.846	0.324
a2	3.055	3.680	6.735	-0.625
a3	2.152	4.202	6.354	-2.050
a4	3.724	4.031	7.755	-0.307
a5	2.805	4.350	7.155	-1.545
a6	2.777	2.856	5.633	-0.079
a7	3.843	2.943	6.786	0.900
a8	3.681	2.987	6.668	0.694
a9	3.304	3.423	6.727	-0.119
a10	3.989	3.223	7.212	0.766
a11	4.340	3.045	7.385	1.295
a12	3.911	3.168	7.079	0.743

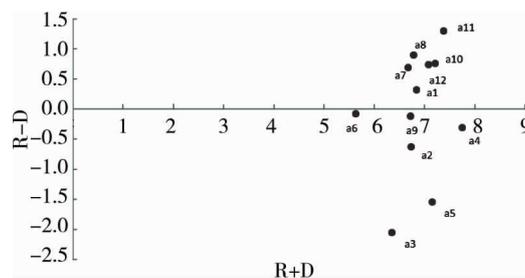


图1 各个影响因素的因果图

1) 中心度分析.中心度(R+D)反映各影响因素在影响回收处理商回收渠道决策中的重要程度,数值越大说明影响因素越重要.其排序:健全的回收体制(a4),回收过程中产生的环境污染(a11),技术的更新换代能力(a10),回收处理的成本(a5),废弃物的利用是否合理(a12),a1,a7,a2,a9,a8,a3,a6.而其中健全的回收体制(a4)为最关键因素.

2) 原因度分析.原因度(R-D)反映各个影响因素在回收渠道决策中的关联程度,表示在图1中为纵坐标,若影响因素在纵坐标的刻度值越大,即该影响因素对其他因素的影响程度也就越大.当原因度大于0时,即为原因因素,回收处理商回收渠道决策影响因素按其大小排序:回收过程中产生的环境污染(a11),客户对回收的需求(a7),a10,a12,a8,a1,表明这些因素对其他因素影响较大且不容易改变,回收过程中产生的环境污染(a11)成为首要的原因因素,即回收过程中产生的环境污染将会对其他影响因素产生较大影响.而当原因度小于0时为结果因素,影响因素按大小排序:回收处理商同行业间的协调(a6),是否配备相关专业人员(a9),健全的回收体制(a4),a2,a5,a3,表明这些因素容易被其他因素影响从而对回收处理商回收渠道决策且较易改变.

3) 因果分析.各个影响因素之间是有着明显因果联系的.政府一旦开始对回收处理商实施激励手段(a1),势必会影响到回收处理商的回收行为,尤其是其回收处理成本(a5)、相关回收法律法规的制定(a2).政府宏观调控下的资源整合(a3)会对回收处理商同行业间的协调(a6)产生影响.健全的回收体系会让回收处理商之间受益,如共享资源、共通信息,进而对其回收处理成本产生影响.政府的有效激励手段对民众产生了环保效应,增强了民众的环保意识(a8),加大对回收的需求(a7),回收处理商也将因此受益

良多,更为直接影响到回收处理商行业的专业人员(a9)与技术更新换代能力(a10).配备充足的专业人员,不断与时俱进来创新技术,回收处理商可以依此来改良自己的回收处理技术,利用科技创新带来的成果推动自身的进步,提高回收处理效率,节约回收处理成本.在回收处理过程中,废弃物并未得到很好利用(a12),那么意味着产生环境污染的隐患会增加.当回收过程中产生的环境污染(a11)很严重甚至影响到公众生活时,那么政府会对此采取措施防治其危害.

4 敏感性分析

为了剔除某一专家在语意评价过程中由于潜在偏见对实证结果造成的影响值,本小节基于灰数系统理论与 DEMATEL 方法来对上文结论进行敏感性分析.通过改变前文中赋予最大的专家权重值来判断对回收处理商回收渠道决策因素的影响.通过实地调研与专家访谈,赋予最大权重值 $[0.7, 1]$ (非常重要)的专家为专家 1,在敏感性分析中,将通过改变专家 1 权重值的改变来实现,将其改变为 $[0.5, 0.9]$ (较重要), $[0.4, 0.7]$ (重要),以及 $[0.3, 0.5]$ (稍不重要),并保持其他专家权重不变,其分析结果如图 2~图 5 所示.

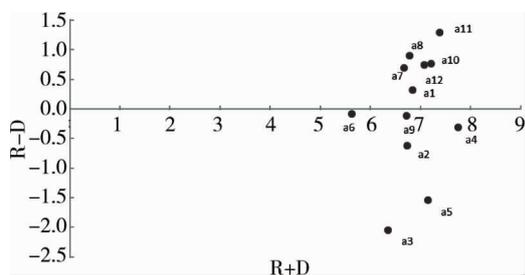


图 2 各个影响因素的因果图(专家 1 权重值为 $[0.7, 1]$)

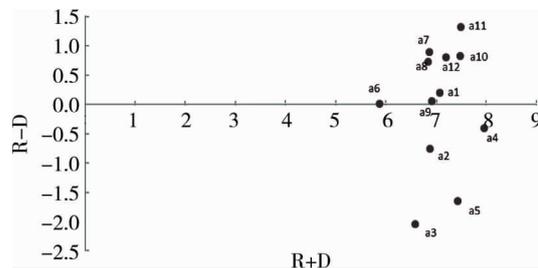


图 3 各个影响因素的因果图(专家 1 权重值为 $[0.5, 0.9]$)

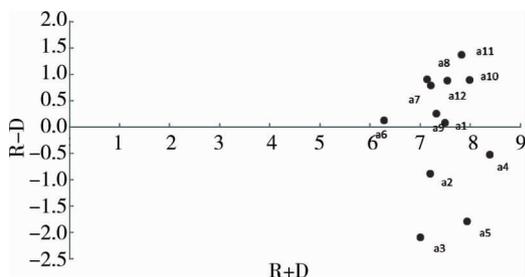


图 4 各个影响因素的因果图(专家 1 权重值为 $[0.4, 0.7]$)

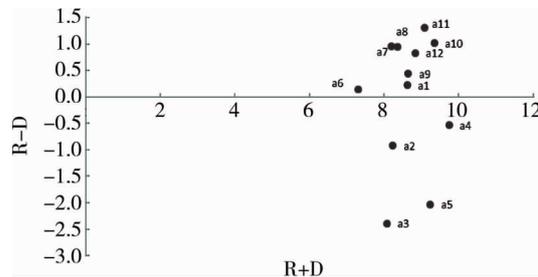


图 5 各个影响因素的因果图(专家 1 权重值为 $[0.3, 0.5]$)

通过对比图 2~图 5,由于专家 1 不同权重而改变的因果图,中心度的排列顺序有发生微弱变化,但其最关键因素仍为健全的回收体制(a4).当专家 1 的权重降低为 $[0.5, 0.9]$ 时,对比图 2 可以看出:图 3 中影响因素 a9 和 a7 的位置发生调动.当专家权重降低为 $[0.4, 0.7]$ 和 $[0.3, 0.5]$ 时,对比图 4 和图 5,可以发现因素 a10, a11 和 a5 有微弱变动.但是可以发现因素是否配备相关专业人员(a9)在专家权重为 $[0.7, 1]$ (非常重要)时,排序是靠后的,但是在其权重降低为 $[0.3, 0.5]$ (稍不重要)与 $[0.4, 0.7]$ (重要)后, a9 因素排序为中间位置.这可能由于专家 1 是进行专业相关研究的专家,其考虑因素多从宏观角度以及专业角度,所以当其权重降低,有着实际操作经验的专家 4 权重相比上升,配备相关专业人员这一因素的重要性也就有所提高.同时客户对回收的需求(a7)这一影响因素随着专家 1 权重的降低重要性有所降低.这其中可归因于专家 2 为政府人员而专家 3 为从事环保业相关人员,在考虑影响因素时,他们对政府制度相关领域更为了解,而未必熟知市场需求变动的的影响.

对比图 1~图 4 中的原因因素和结果因素, a9 与 a6 发生变动,在专家 1 权重为非常重要时,是否配备相关专业人员(a9)和回收处理商同行业间的协调(a6)为容易被其他因素所影响的结果因素,且较易改变.但当专家 1 权重发生改变降低后,这 2 个因素为较不易改变的原因因素.可能是由于具有实际操作经验

专家权重相对的上升影响了因素的判断,其认为实际过程中专业人员的配备与协调并没有那么容易做到,而从事科研的专家1从理论研究上分析得出协调的可行性,回收过程中产生的环境污染(a11)仍然为首要的原因因素.

5 结论

1)从根本上影响回收处理商回收渠道决策的因素依旧是内因,且政府有效激励、回收需求与认知度是不可或缺的外因因素.所以从政府调控层面来看,推动废旧电器电子产品回收规范化的关键步骤是构建健全的回收体系.

2)处理商同行业间的协调有利于引导和激励回收处理行业建成健全的回收体制.而从行业间处理商层面来看,作为易于改变的因素,处理商之间关系的改善、上下游合作机制的建立等都助于行业间协调的可行.

3)在废旧电器电子产品剧增背景下,处理商选择合适的回收渠道有利于获得最大经济效益,个体所获最大效益将更有效促进行业的整体发展.因此识别和分析影响处理商回收渠道决策的因素具有重要现实与理论意义.在本文研究基础之上,可进一步对回收体系的构建进行深入探讨,使其具备更强的可操作性.

参考文献:

- [1] Li R J. Fuzzy method in group decision making[J]. Computers & Mathematics with Applications, 1999, 38(1):91-101.
- [2] Savaskan R C, Bhattacharya S, Van Wassenhove L N. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing[J]. Management Science, 2004, 50(2):239-252.
- [3] 刘永清,杨青云,谢紫微.废旧电器处理商选择回收渠道决策的演化博弈[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2016,31(3):116-122.
- [4] 顾巧论,高铁杠,石连栓.基于博弈论的逆向供应链定价策略分析[J].系统工程理论与实践,2005,25(3):20-25.
- [5] McGuire T, Staelin R. An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration [J]. Marketing Science, 1983, 2(2):161-191.
- [6] Wu W W, Lee Y T. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method[J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(2):499-507.
- [7] 杜世海,丁慧平.供应链竞争优势的租金贡献分析与评价研究[J].管理科学学报,2006,9(3):24-30.
- [8] Webster S, Mitra S. Competitive strategy in remanufacturing and the impact of take back laws[J]. Journal of Operations Management, 2007, 25(6):1123-1140.
- [9] Savaskan R C, Wassenhove L V. Reverse Channel Design: The Case of Competing Retailers[J]. Management Science, 2006, 52(1):1-14.
- [10] 韩小花,薛声家.基于制造商竞争的闭环供应链回收渠道的决策分析[J].系统工程,2010,28(5):36-41.
- [11] 王文宾,达庆利.零售商与第三方回收闭环供应链回收与定价研究[J].管理工程学报,2010,24(2):130-140.
- [12] Jayaraman V, Guide JR V D R, Srivastava R. A closed-loop logistics model for remanufacture[J]. Journal of the Operational Research Society, 1999, 50(5):497-508.
- [13] 付小勇.废旧电子产品回收处理中的博弈模型研究[D].大连:大连理工大学,2012.
- [14] 朱庆华,柳卿,付小勇.电信设备制造企业生态设计实践 DEMATEL 分析[J].研究与发展管理,2012,24(3):126-134.
- [15] Vakili-Ardebili A, Boussabaine A H. Application of fuzzy techniques to develop an assessment framework for building design eco-drivers[J]. Building & Environment, 2007, 42(11):3785-3800.
- [16] 张世勋,刘艾杉,孙明波.电子废弃物逆向物流发展关键因素的 DEMATEL 分析[J].郑州大学学报(理学版),2012,44(3):120-124.
- [17] 刘永清,胡义润,贺竹馨.废旧电器回收渠道决策影响因素的 DEMATEL 分析[J].湘潭大学自然科学学报,2015,37(1):115-120.
- [18] 邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990.