

Research on the effect of rural household garbage treatment based on fuzzy hierarchical comprehensive evaluation

Wang haifeng^{1,a}, Chen jingming^{1,b}, and Wang guangmin^{1,c,*}

¹ China university of geosciences (wuhan), wuhan 430074, China

^a418246896@qq.com, ^bchenjingming@cug.edu.cn, ^ccugwhf@163.com

*Corresponding author

Keywords: Fuzzy hierarchical comprehensive evaluation method, Danjiangkou city, Rural household garbage treatment effect.

Abstract. With the improvement of rural living standards, the garbage disposal system in rural areas has been unable to meet the current needs of rural residents for living environment. Under the background of building "beautiful countryside", it is urgent to explore the rural household garbage disposal mode suitable for rural conditions. Based on the fuzzy hierarchical comprehensive evaluation method, this paper analyzes the current situation of rural household garbage treatment in danjiangkou city, and puts forward policy Suggestions for rural household garbage treatment.

基于模糊层次综合评价法的农村生活垃圾处理效果研究

王海锋^{1,a}, 陈景明^{1,b}, 王广民^{1,c,*}

¹中国地质大学（武汉），武汉，湖北，中国

^a418246896@qq.com, ^bchenjingming@cug.edu.cn, ^ccugwhf@163.com

*通讯作者

关键词: 模糊层次综合评价法；丹江口市；农村生活垃圾处理效果

中文摘要. 随着农村生活水平的提高，农村的垃圾处理系统已经不能满足当前农村居民对生活环境的需要。在建设“美丽乡村”的背景下，迫切需要探索适合农村情况的农村生活垃圾处理模式。本文基于模糊层次综合评价法对丹江口市农村生活垃圾处理现状进行分析，并对农村生活垃圾处理提出政策建议。

1. 引言

近年来，关于生活垃圾的处理的相关研究和实践多集中于城镇，对于农村生活垃圾处理的相关研究文献和实践经验较少，农村生活垃圾处理由于农村地区地形复杂、人口密度分布不均匀、道路交通不便利等情况存在使农村地区的垃圾处理存在技术上的难度，另外，由于农村经济发展水平落后于城镇的发展水平，对于农村垃圾处理的投入较少，因此，农村生活垃圾处理效果不容乐观。但是，随着农村生活水平的提高，农村生活垃圾的人均日产生量和生活垃圾种类更接近于城镇，部分地区存在垃圾随意丢弃在田间、池塘、道路等公共区域，对农村土地和水源造成污染，严重影响农村地区的环境。当前的农村生活垃圾处理模式已经不能满足当前农村居民对生活环境的需要，在建设“美丽乡村”的背景下，迫切需要就目前农村生活垃圾处理效果进行研究，探索适合农村的生活垃圾处理模式。围绕湖北省农村

生活垃圾治理开展调查的这一要求，对湖北省农村生活垃圾的治理现状进行调查，以湖北省丹江口市为典型案例进行全面深入的调查。探究湖北省农村生活垃圾治理效果的影响因素，并根据调查的农村生活垃圾治理中存在的问题提出具有针对性的政策建议。

2. 农村生活垃圾处理效果评价

2.1 评价模型的选择

国内外提出和研究应用的评价方法较多，但不同的评价方法都有其适用的情况和领域。按照指标赋权方法的不同，多指标的综合评价方法可分为主观赋权评价法和客观赋权评价法两大类。本文研究将采用一种结合了模糊综合评价(Fuzzy Comprehensive Evaluation, FCE)及层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)的模型来进行评价，称之为模糊层次综合评价法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)。相对于模糊综合评价法和层次分析法而言，这种方法能有效地将两者的优势结合起来，对指标的处理较为全面，是一种定性定量相结合的评价模型。它将评价因素按照一定规则进行分类进而形成层次结构，一般有目标层、准则层和因素层三层结构，然后先用层析分析法确定因素集，接着用模糊综合评判确定评判效果，两者互相融合，在体系评价、效能评估等方面有着广泛的应用，对评价有着很好的可靠性。

2.2 模糊层次综合评价法的分析步骤

在使用模糊层次综合评价法来进行分析评价问题的时候一般有以下四个步骤：首先，根据要评估的目标以及结果需求使用德尔菲法来构建评价指标的体系，然后使用层次分析法来确立各级指标权重，接着采用模糊综合评价法来构造单因素判别矩阵，最后，构建综合评价的模型，确立综合评价值。其具体操作流程如下：

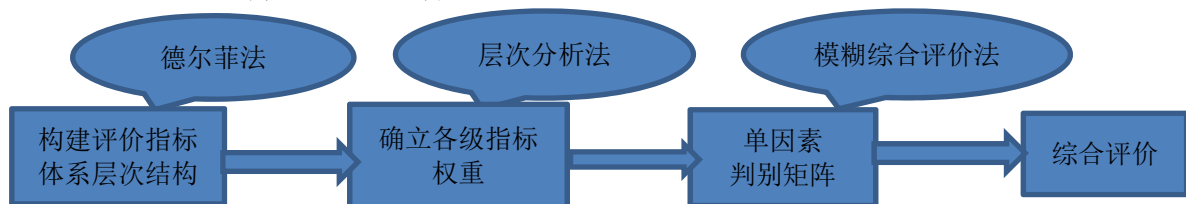


图1 模糊层次综合评价法的分析步骤

2.3 模糊层次综合评价模型的建立

影响村镇生活垃圾处理现状的因素有很多，本文将建立模糊评价模型对农村生活垃圾处理的现状作一个全面的评价和客观的评估。综合农村生活垃圾处理现状的评价指标，建立模糊综合评价模型如下所示。

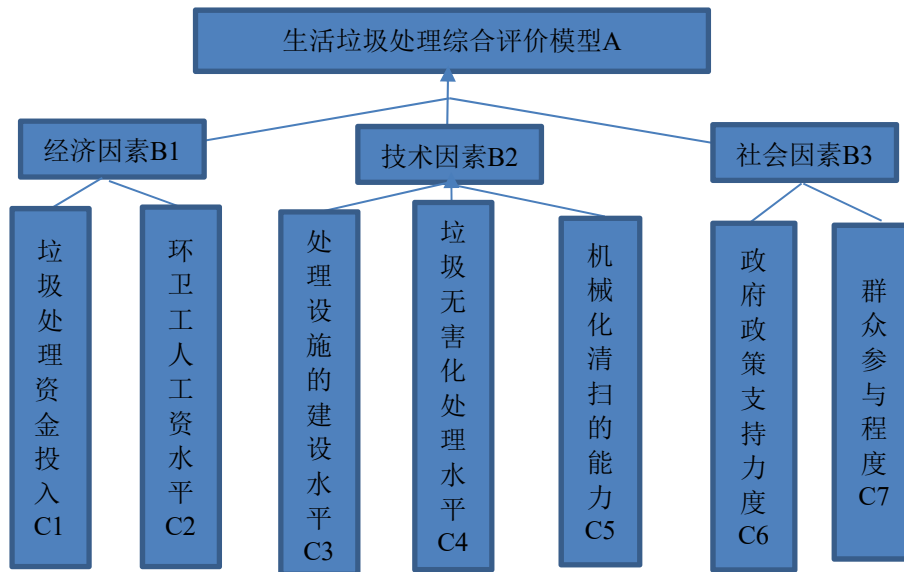


图2-农村生活垃圾处理综合评价指标模型

上面所建立的模型为二级模糊评价模型，因素集 $A = \{B1、B2、B3\}$ ，其中因素集 $B1 = \{C1、C2\}$ ，因素集 $B2 = \{C3、C4、C5\}$ ，因素集 $B3 = \{C6、C7\}$ 。接着建立评语集 $V = \{好、较好、一般、较差、差\}$ ，并通过德尔菲法得到第二级评价因素对应于评语集的指标用于评估时的参考，其描述如下：

表1 第二级评价因素对应于评语集评价标准

评价因素	好	较好	一般	较差	差
垃圾处理资金投入C1	经费投入率 $\geq 90\%$	$70\% \leq$ 经费投入率 $< 90\%$	$50\% \leq$ 经费投入率 $< 70\%$	$30\% \leq$ 经费投入率 $< 50\%$	经费投入率 $< 30\%$
环卫工人工资水平C2	工资 ≥ 1200	$1000 \leq$ 工资 < 1200	$800 \leq$ 工资 < 1000	$600 \leq$ 工资 < 800	工资 < 600
处理设施的建设水平C3	垃圾收集转运处理设施完备	垃圾收集转运处理设施较好	垃圾收集转运处理设施一般	垃圾收集转运处理设施较差	垃圾收集转运处理设施很差
垃圾无害化处理水平C4	无害化处理率 $\geq 90\%$	$70\% \leq$ 无害化处理率 $< 90\%$	$50\% \leq$ 无害化处理率 $< 70\%$	$30\% \leq$ 无害化处理率 $< 50\%$	无害化处理率 $< 30\%$
机械化清扫能力C5	机械化清扫率 $\geq 90\%$	$70\% \leq$ 机械化清扫率 $< 90\%$	$50\% \leq$ 机械化清扫率 $< 70\%$	$30\% \leq$ 机械化清扫率 $< 50\%$	机械化清扫率 $< 30\%$
政府政策支持力度C6	政府非常支持，出台了文件	政府比较支持，出台了相关文件	政府比较支持，出台文件一般	政府不太支持，出台文件很少	政府不支持，没有出台文件
群众参与程度C7	居民非常配合主动进行垃圾分类	居民比较配合，尽量进行垃圾分类	居民比较配合，不随地乱扔垃圾	居民不太配合，有时随地乱扔垃圾	居民完全不配合，随地乱扔垃圾

接下来需要使用层次分析法来确定各层次指标的权重。

(1) 首先建立第二层各因素指标对模型的权重判别矩阵

$$A = \begin{matrix} & B1 & B2 & B3 \\ B1 & 1 & 1/2 & 3 \\ B2 & 2 & 1 & 5 \\ B3 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{matrix} \quad \text{即} A = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 3 \\ 2 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$$

进行一致性检验以确保结果不会出现前后逻辑错误，计算上述矩阵的最大特征值

$$\lambda_{max} = 3.0037$$

那么一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1} = \frac{3.0037-3}{3-1} = 0.00185$, $CR = CI/RI = 0.00319 < 0.1$

所以通过一致性检验, 特征向量 $W = (0.309, 0.581, 0.110)$ 作为各因素对模型的权重。

(2) 接下来建立第三层各指标对第二层因素的权重判别矩阵

由于经济因素B1和社会因素B3的下级指标都是两个, 没有必要使用层次分析法建立二阶的判别矩阵(二阶判别矩阵 $RI=0$, 一般三阶以上的判别矩阵才有一致性检验的必要), 通过咨询专家后可以直接给出两个因素下级指标的权重向量如下:

$$\omega_1 = (0.6, 0.4), \omega_3 = (0.5, 0.5)$$

对于技术因素B2, 建立判别矩阵如下:

$$\begin{array}{cccc} B2 & C3 & C4 & C5 \\ C3 & 1 & 2 & 4 \\ C4 & 1/2 & 1 & 3 \\ C5 & 1/4 & 1/3 & 1 \end{array} \quad \text{即 } B2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 1/2 & 1 & 3 \\ 1/4 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{max} = 3.0183, CI = 0.00916, RI = 0.0158 < 0.1$$

通过一致性检验, 特征向量 $\omega_2 = (0.557, 0.320, 0.123)$ 作为各指标对技术因素的权重。确定了各层指标的权重之后, 接下来对丹江口市辖下的各镇进行模糊综合评价, 这里以浪河镇为例来展示模糊综合评价的步骤:

首先通过已经确立的指标可以发现, C1, C2, C4, C5 这些指标可以用具体数值来衡量, 而 C3, C6, C7 这些指标无法通过具体数值来衡量, 所以我们在进行调查的时候, 能通过数值来衡量的指标都采用数据调查的方式进行, 对于不能通过数值来衡量的指标, 我们就对当地有关部门的工作人员进行走访调查, 询问他们对这些指标的看法, 并根据他们所反馈的情况进行评级)。由于指标C1的数据是对政府工作人员的采访询问他们的评价。

表2 浪河镇各指标的评级情况

指标等级	好	较好	一般	较差	差
C1	1人	3人	2人	0人	0人
C2		√			
C3	1人	4人	2人	1人	0人
C4	√				
C5			√		
C6	0人	2人	5人	0人	0人
C7	0人	1人	4人	2人	0人

转换成模糊矩阵如下:

$$R = \begin{bmatrix} 1/6 & 1/2 & 1/3 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1/8 & 1/2 & 1/4 & 1/8 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2/7 & 5/7 & 0 & 0 \\ 0 & 1/7 & 4/7 & 2/7 & 0 \end{bmatrix}$$

(1) 针对经济因素B1, 其下级指标的权重向量为 $\omega_1 = (0.6, 0.4)$, 则可以表示成一个模糊集 $B1 = 0.6 * C1 + 0.4 * C2$, 根据上面的模糊矩阵可以得到C1、C2这两个指标的评语模糊集为 $C1 = (1/6, 1/2, 1/3, 0, 0)$, $C2 = (0, 1, 0, 0, 0)$, 由上述评语模糊集构成的模糊矩阵为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1/6 & 1/2 & 1/3 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C1 \\ C2 \end{bmatrix}$$

将权重向量 ω_1 和模糊矩阵 R_1 进行模糊综合运算得到经济因素评语集的隶属向量为:

$$B1 = \omega_1 * R_1 = (0.6, 0.4) * \begin{bmatrix} \frac{1}{6} & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.1, 0.7, 0.2, 0, 0)$$

(2) 针对技术因素B2, 其下级指标的权重向量为 $\omega_2 = (0.557, 0.320, 0.123)$, 则可以表示成一个模糊集 $B2=0.557*C3+0.32*C4+0.123*C5$, 根据上面的模糊矩阵可以得到C3、C4、C5这三个指标的评语模糊集为 $C3=(1/8, 1/2, 1/4, 1/8, 0)$, $C4=(1, 0, 0, 0, 0)$, $C5=(0, 0, 1, 0, 0)$, 由上述评语模糊集构成的模糊矩阵为:

$$R_2 = \begin{bmatrix} 1/8 & 1/2 & 1/4 & 1/8 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C3 \\ C4 \\ C5 \end{bmatrix}$$

将权重向量 ω_2 和模糊矩阵 R_2 进行模糊综合运算得到技术因素评语集的隶属向量为:

$$B2 = \omega_2 * R_2 = (0.557, 0.320, 0.123) * \begin{bmatrix} \frac{1}{8} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{8} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.39, 0.28, 0.26, 0.07, 0)$$

(3) 针对社会因素B3, 其下级指标的权重向量为 $\omega_3 = (0.5, 0.5)$, 则可以表示成一个模糊集 $B3=0.5*C6+0.5*C7$, 根据上面的模糊矩阵可以得到C6、C7这两个指标的评语模糊集为 $C6=(0, 2/7, 5/7, 0, 0)$, $C7=(0, 1/7, 4/7, 2/7, 0)$, 由上述评语模糊集构成的模糊矩阵为:

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 2/7 & 5/7 & 0 & 0 \\ 0 & 1/7 & 4/7 & 2/7 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C6 \\ C7 \end{bmatrix}$$

将权重向量 ω_3 和模糊矩阵 R_3 进行模糊综合运算得到社会因素评语集的隶属向量为:

$$B3 = \omega_3 * R_3 = (0.5, 0.5) * \begin{bmatrix} 0 & \frac{2}{7} & \frac{5}{7} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{7} & \frac{4}{7} & \frac{2}{7} & 0 \end{bmatrix} = (0, 0.214, 0.643, 0.143, 0)$$

(4) 针对评价模型A, 其下级指标的权重向量为 $W = (0.309, 0.581, 0.110)$, 则可以表示成一个模糊集 $A=0.309*B1+0.581*B2+0.11*B3$. 根据上面的计算结果可以得到B1、B2、B3这三个因素的评语模糊集为 $B1 = (0.1, 0.7, 0.2, 0, 0)$, $B2 = (0.39, 0.28, 0.26, 0.07, 0)$, $B3 = (0, 0.214, 0.643, 0.143, 0)$, 由上述评语模糊集构成的模糊矩阵为:

$$R_B = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.7 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.39 & 0.28 & 0.26 & 0.07 & 0 \\ 0 & 0.214 & 0.643 & 0.143 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B1 \\ B2 \\ B3 \end{bmatrix}$$

将权重向量 W 和模糊矩阵 R_B 进行模糊综合运算得到模型A评语集的隶属向量为:

$$A = W * R_B = (0.309, 0.581, 0.110) * \begin{bmatrix} 0.1 & 0.7 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.39 & 0.28 & 0.26 & 0.07 & 0 \\ 0 & 0.214 & 0.643 & 0.143 & 0 \end{bmatrix} = (0.26, 0.4, 0.28, 0.06, 0)$$

根据最大隶属度原则我们可以得出浪河镇垃圾处理的综合评价为较好。为体现出各镇的评价等级, 我们进行了去模糊操作, 即对评语集五个等级进行打分, 本文的打分如下: {好=5分, 较好=4分, 一般=3分, 较差=2分, 差=1分}, 那么根据最后得出的模型A评语集的隶属向量可以计算出浪河镇垃圾处理的综合得分为 $0.26*5+0.4*4+0.28*3+0.06*2=3.86$ 分。

2.4 评价结果及分析

通过调查数据, 我们得到了丹江口市各行政区的评价结果, 如下表所示:

表3 丹江口市各行政区的评价结果

隶属度	好	较好	一般	较差	差	综合得分
城区	0.54	0.36	0.09	0.01	0	4.44
凉水河镇	0.3	0.57	0.12	0.01	0	4.16
浪河镇	0.26	0.4	0.28	0.06	0	3.86
土关垭镇	0.15	0.55	0.29	0.01	0	3.85
丁家营镇	0.1	0.65	0.22	0.02	0	3.83
石鼓镇	0.09	0.63	0.26	0.02	0	3.78
土台乡	0.09	0.42	0.48	0.01	0	3.60
蒿坪镇	0.09	0.37	0.51	0.04	0	3.51
习家店镇	0.07	0.32	0.57	0.05	0	3.41
盐池河镇	0	0.42	0.47	0.11	0	3.32
六里坪镇	0.01	0.31	0.56	0.12	0	3.22
均县镇	0	0.17	0.65	0.18	0	2.99
官山镇	0	0.18	0.58	0.24	0	2.93

3. 结论

(1) 垃圾处理水平与处理设施的建设水平、机械化清扫能力呈显著的正相关。我们可以发现丹江口市各镇的评价情况分布呈现一定的趋势，即靠近城区附近的处理效果要比远离城区的效果要好。这与城区附件垃圾处理的基础设施较好和经费投入力度较大有关，城区附近相关的监管部门比较健全，政策法规也较为完善。因此，要提高垃圾处理水平主要从提高垃圾处理基础设施的投入着手，对垃圾转运站的选址布局进行优化，以期提高垃圾处理的效果。

(2) 丹江口市大部分村镇在垃圾收集、转运和处理环节还存在粗放式管理的情况。部分乡镇仅仅是对上级部门下发的文件材料进行整理，涉及本地区的相关情况描述和具体的数据却大量缺失，造成自身不了解目前治理工作的进程，导致在规划下一步垃圾治理工作时，缺乏现实的依据和情况，造成制定的政策和目标较难实现，不利于推进精细化管理和信息化管理。因此，通过对垃圾回收路径进行优化，通过降低运输成本提高垃圾处理的效率。

References

- [1] Wang Jian and Chen Haibin, Application of Analytic Hierarchy Process in Site Selection of Domestic Waste Integrated Treatment Projects, *Environmental Sanitation Engineering*, Vol.19 No.2, pp. 7-10, 2011.
- [2] Chen Haibin,Zhou Yongfeng,and Han Qinqin, Planning of integrated and comprehensive management systemfor MSW in small scale towns—— taking Zhongshan City in Guangdong as an example, *Environmental Pollution & Control*, Vol.27, No.5, pp. 375-378, 2005.
- [3] ChenHaibin,DengCheng, and MaoYi, Research on technical&economical comparison and optimization of municipal solid waste reclamation scheme, *Chinese Journal o Environmental Engineering*, vol.1,No. 1, pp. 130-133, 2007.
- [4] Man Xin, Study on the Domestic Waste Collection and Transportation System of Hybrid Landscape Rural, *A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master Degree of Engineering*, 2016.
- [5] Xi Shuang, The Present Situation Evaluation on Integrated Management and Disposal of Urban-rural Solid Waste and Optimization Study of Facilities Planning in Hubei Province, *A*

Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree for the Master of Engineering , 2015.

- [6] Zhao Jingwei, Zhao Rui, He Yanfen, Wang Sen and An Qinqin, Rural Domestic Garbage Processing Pattern Based on the Principle of 3R, *China Population Resource and Environment*, vol. 24, pp. 263-266, 2014.
- [7] Zhou Jingcheng and Chen Haibin, Assessment on the efficiency of municipal solid waste management in cities of China based on DEA model, *China Environmental Science*, vol. 32, pp. 1332~1338, 2012.
- [8] Yang Yan, Chen Haibin, Yang Yu1 and Zhu Bin, Optimization Study on Effect Evaluation Index for Source Separation of Municipal Solid Waste Based on F-measure, *Environmental Sanitation Engineering*, vol. 26, pp. 1-3, 2018.
- [9] Zhao Menglong, The Investigation of Rural Life Waste Collection and Transportation Mode Evaluation of Which is Based on Surveys of Hubei Province Waste Disposal, *A Dissertation Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering*, 2014.
- [10] Zhang Cheng, Research of Municipal Solid Waste Transfer System Model in Small Cities and Towns and the Environmental Benefits, *A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements for the Degree of Master of Science*, 2007.