

基于AHP的生态养殖业可持续发展指标权重实证研究

厦门大学 李 铭 彭荔红

[摘要] 根据永安市养殖业循环经济发展的需要, 该文在永安市生态养殖业可持续发展指标体系基础上, 采用层次分析法(AHP)对指标权重进行分析, 建立判断矩阵, 并对指标权重进行计算分析。依据指标权重, 为提升永安市生态养殖业可持续发展综合能力提供科学依据。

[关键词] 层次分析法 养殖业 可持续发展 指标权重

随着我国人民生活水平的提高, 畜禽产品需求量在不断增加, 生产规模不断扩大, 集约化程度越来越高, 养殖业带来的环境问题也越显突出, 目前已成为农村面源污染的主要来源, 副产品不能得到有效利用, 造成了生态破坏、农产品质量下降等负面影响。

对于生态养殖业可持续发展综合能力的评价, 目前还没有学者提出完善的评价方法。本文在永安市生态养殖可持续发展评价指标体系的基础上, 基于层次分析法对指标权重进行分析, 建立判断矩阵和计算指标权重。依据该指标权重, 为增强养殖业可持续发展综合能力提供科学依据。

1 层次分析法简介

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称AHP) 是美国运筹学家T.L.Saaty教授于20世纪70年代初期提出的一种简便、灵活而又使用的多准则决策方法, 它是一种定性和定量相结合、系统化、层次化的分析方法, 它把一个复杂问题分解组成因素, 并按照支配关系形成层次结构, 然后应用两两比较的方法确定决策方案的相对重要性。

AHP基本思想为: 根据问题的性质和要达到的目标, 将

问题按层次分解成各个组成因素; 再将这些因素按支配关系分组形成有序的递阶层次结构; 对同一层次内因素的重要性, 既要考虑本层次, 又要考虑到上一层次的权重因子; 逐层计算, 进行排序、决策。AHP体现了人们进行决策思维的基本特征: 分解、判断、综合, 它可以将人的主观判断用数量形式进行表达的处理, 也可以提出人们对某类问题的主观判断前后是否矛盾, 是目前系统工程处理定性和定量相结合问题简单易行而行之有效的一种方法^[1-2]。

运用层次分析法一般包括如下几个步骤: ①分析系统中各因素之间的关系, 建立系统的递阶层次结构; ②对同一层次各元素关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较判断评分, 逐层构造两两比较判断矩阵; ③由判断矩阵计算被比较元素对于该准则的相对权重; ④计算各层元素对于系统目标的合成权重; ⑤一致性检验, 检验判断矩阵是否偏离了一致性。

2 建立指标体系的权重判断矩阵

根据永安市生态养殖业可持续发展能力评价指标体系^[3], 如表1。

表 1 生态养殖业可持续发展综合能力指标体系一览表

目标层 A	功能层 B	指标层 C	
生态养殖业可持续发展	养殖业	沼气使用户数占农户数比例 (%)	C1
		规模化养殖占全部养殖比率 (%)	C2
	可持续	耕地畜禽粪便负荷量 (t/hm ²)	C3
		养殖污染对区域污染贡献率 (%)	C4
	发展	畜禽粪便资源化利用率 (%)	C5
		本土最具代表性禽养饲料报酬率 (%)	C6
	生态效益	单位土地产出能流密度 (×10 ¹² J/亩)	C7

目标层 A	功能层 B	指标层 C		
续 发 展 综 合 能 力 A	养殖业 可持续 发展 经济 效益 B2	农村居民纯收入(元)	C8	
		养殖业收入占农村收入比率(%)	C9	
		万元产值能耗(吨标煤/万元)	C10	
		万元产值水耗(立方米/万元)	C11	
		工农业总产值比率%	C12	
		养殖业无公害食品占养殖业产量比率(%)	C13	
		养殖企业通过 ISO14001 认证的比率(%)	C14	
		养殖企业通过 ISO9001 认证的比率(%)	C15	
		养殖业	新建养殖企业距城镇远近(m)	C16
		可持续	粪便运输距离(m)	C17
		发展	新建养殖企业距河流远近(m)	C18
		社会	养殖业就业人员劳动力文化程度(年)	C19
		效益	人均营养水平(克蛋白质/人/天)	C20
		B3	农村劳动力就业率(%)	C21
		养殖业	酸雨频率(%)	C22
	外环境	生活污水集中处理率(%)	C23	
	支持系统 B4	城市 API 指数 100 占全年天数比例(%)	C24	

由表1可知,该体系的基本框架包括三个层次,即目标层、功能层和指标层。

根据层次分析法的基本思想和分析步骤,下层指标对上一层评价准则的影响重要程度,下一层内的同一层诸因素按 1~9 比例标度两两比较,构建两两判断矩阵,建立生态养殖

业可持续发展综合能力指标体系的递阶层次结构,最终构成4个大类指标(B1、B2、B3、B4)对于总目标层A的权重判断矩阵(A—B);24个单项指标C1至C24各自对于的分类Bi的权重判断矩阵(Bi—C),判断矩阵如表2~表6所示。

表 2 总目标 (A-B1-4) 权重判断矩阵

A	B1	B2	B3	B4
B1	1	2	2	1
B2	1/2	1	1	1/2
B3	1/2	1	1	1
B4	1	2	1	1

表 3 生态效益 (B1-C1-7) 权重判断矩阵

B1	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	1	1	1	1	1	1
C2	1	1	1	1	1	1/2	1
C3	1	1	1	1	1	1/2	1
C4	2	1	1	1	1	1/2	1
C5	1	1	1	1	1	1/2	1
C6	1	2	2	2	2	1	2
C7	1	1	1	1	1	1/2	1

表 4 经济效益 (B2-C8-15) 权重判断矩阵

B2	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
C8	1	1	2	2	1	1	1	1
C9	1	1	2	2	2	1	1	1
C10	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1/2
C11	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1/2
C12	1	1/2	1	1	1	1/2	1/2	1/2
C13	1	1	2	2	2	1	1	1
C14	1	1	2	2	2	1	1	1
C15	1	1	2	2	2	1	1	1

表 5 社会效益 (B3-C16-21) 权重判断矩阵

B3	C16	C17	C18	C19	C20	C21
C16	1	2	1	3	1	1
C17	1/2	1	1	3	2	2
C18	1	1	1	3	2	2
C19	1/3	1/3	1/3	1	2	1
C20	1	1/2	1/2	1/2	1	1
C21	1	1/2	1/2	1	1	1

表 6 外环境支持系统 (B4-C22-28) 权重判断矩阵

B4	C22	C23	C24
C22	1	1	1
C23	1	1	1
C24	1	1	1

3 权重计算和一致性检验

下面计算权重判断矩阵的相对权重向量 ω 、最大特征根 λ_{\max} 。以总目标 (A-B₁₋₄) 为例, 给出具体计算过程。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

3.1 计算判断矩阵D中每一行元素的乘积 M_i

$$M_1 = 1 \times 2 \times 2 \times 1 = 4$$

$$M_2 = 1/2 \times 1 \times 1 \times 1/2 = 1/4$$

$$M_3 = 1/2 \times 1 \times 1 \times 1 = 1/2$$

$$M_4 = 1 \times 2 \times 1 \times 1 = 2$$

3.2 乘积分别开n次方

$$W_1 = (4)^{1/4} = 1.414$$

$$W_2 = (1/4)^{1/4} = 0.707$$

$$W_3 = (1/2)^{1/4} = 0.841$$

$$W_4 = (2)^{1/4} = 1.189$$

3.3 计算相对权重向量 ω

$$\omega_1 = 1.414 / (1.414 + 0.707 + 0.841 + 1.189) = 0.341$$

$$\omega_2 = 0.707 / (1.414 + 0.707 + 0.841 + 1.189) = 0.170$$

$$\omega_3 = 0.841 / (1.414 + 0.707 + 0.841 + 1.189) = 0.203$$

$$\omega_4 = 1.189 / (1.414 + 0.707 + 0.841 + 1.189) = 0.286$$

则特征向量 $\omega = (0.341, 0.170, 0.203, 0.286)^T$

3.4 计算最大特征根 λ_{\max}

$$A\omega = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.341 \\ 0.170 \\ 0.203 \\ 0.286 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.373 \\ 0.687 \\ 0.830 \\ 1.170 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{(D\omega)_i}{\omega_i}$$

$$= (1/4) \times (1.373/0.341 + 0.687/0.170 + 0.830/0.203 + 1.170/0.286) = 4.062$$

同理可得其他矩阵特征向量 ω 和最大特征根 λ_{\max} ：

B_1-C_{1-7} :
 $\omega = (0.138, 0.125, 0.125, 0.138, 0.125, 0.226, 0.125)^T$
 $\lambda_{max} = 7.206$;
 B_2-C_{8-15} :
 $\omega = (0.142, 0.155, 0.077, 0.077, 0.084, 0.155, 0.155, 0.155)^T$
 $\lambda_{max} = 8.046$;
 B_3-C_{16-21} :
 $\omega = (0.212, 0.212, 0.238, 0.102, 0.111, 0.125)^T$
 $\lambda_{max} = 6.392$;
 B_4-C_{22-24} :
 $\omega = (0.333, 0.333, 0.333)^T$
 $\lambda_{max} = 3.000$

3.5 一致性检验

根据以上公式，计算随机一致性比例C.R.，并进行检验。
 具体计算如下：

A-B层:
 $C.I. = (\lambda_{max} - n) / (n-1) = (4.062-4)/(4-1)=0.021$
 $C.R. = C.I./R.I.=0.021/0.89=0.024$ 其中R.I. = 0.89
 同理可得:
 B_1-C_{1-9} : C.I.=0.034, R.I.=1.36, C.R.=0.025;
 B_2-C_{10-18} : C.I.=0.007, R.I.=1.41, C.R.=0.005;
 B_3-C_{19-24} : C.I.=0.078, R.I.=1.26, C.R.=0.062;
 B_4-C_{25-28} : C.I.=0.000, R.I.=0.52, C.R.=0.000;
 计算结果表明：C.R.均小于0.1，因此各层次判断矩阵均具有满意的一致性。

4 结论及讨论

对永安市生态养殖可持续发展指标体系的各项指标权重进行计算分析，各指标权重值如表7所示。

表 7 永安市生态养殖业可持续发展指标权重值一览表

目标层 A	功能层 B	指标层 C	权重值	
生态养殖业可持续发展综合能力 A	养殖业可持续发展生态效益 B1	C1	沼气使用户数占农户数比例 (%)	0.0475
		C2	规模化养殖占全部养殖比率 (%)	0.0430
		C3	耕地畜禽粪便负荷量 (t/hm ²)	0.0430
		C4	养殖污染对全市污染贡献率 (%)	0.0430
		C5	畜禽粪便资源化利用率 (%)	0.0430
		C6	本土最具代表性禽养饲料报酬率 (%)	0.0780
		C7	单位土地产出能流密度 (×10 ¹² J/亩)	0.0430
	养殖业可持续发展经济效益 B2	C8	农村居民纯收入 (元)	0.0242
		C9	养殖业收入占农村收入比率 (%)	0.0264
		C10	万元产值能耗 (吨标煤/万元)	0.0132
		C11	万元产值水耗 (立方米/万元)	0.0132
		C12	工农业总产值比率%	0.0144
		C13	养殖业无公害食品占养殖业产量比率 (%)	0.0264
		C14	养殖企业通过 ISO14001 认证的比率 (%)	0.0264
	养殖业可持续发展社会效益 B3	C15	养殖企业通过 ISO9001 认证的比率 (%)	0.0264
		C16	新建养殖企业距城镇远近 (m)	0.0429
		C17	粪便运输距离 (m)	0.0429
		C18	新建养殖企业距河流远近 (m)	0.0482
		C19	养殖业就业人员劳动力文化程度 (年)	0.0206
		C20	人均营养水平 (克蛋白质/人/天)	0.0225
		C21	农村劳动力就业率 (%)	0.0253
	养殖业支持系统 B4	C22	酸雨频率 (%)	0.0955
		C23	生活污水集中处理率 (%)	0.0955
		C24	城市 API 指数 100 占全年天数比例 (%)	0.0955

在生态效益指标中, C6指标占得权重较大, 说明应主要通过提高永安本土代表性禽养饲料报酬率, 以提高养殖业可持续发展的生态效益, 增强当地养殖户的生态养殖积极性。

在经济效益指标中, C9、C13、C14、C15指标权重较大, 说明应主要通过提高农村养殖业收入、提高养殖业中的无公害食品产量及认证比率, 以提高经济效益。各项指标反馈的结果在当地经济发展规划中, 应重点提高农村养殖户的收入, 在产品需求中, 提供无公害畜禽类食品及实行规范化管理的养殖企业比较容易得到市场的青睐。

在社会效益指标中, C18指标占得权重较大, 说明应主要通过提高养殖企业与河流的距离以提高社会效益, 该指标反映出当地养殖业企业对当地水体、生态环境产生的影响较大, 将企业迁移离岸, 将有助于提高社会的生态环境。

指标C22、C23、C24对永安市生态养殖业可持续发展综合能力影响均占同样的比重, 由此说明, 永安市需要加大对

养殖业外环境的改造投入, 以进一步改善城市生态环境。

综上, 依据各项指标权重值的不同, 为增强永安当地养殖业可持续发展综合能力提供科学依据, 提高可持续发展能力需解决目前农村的面源污染, 提高养殖业副产品的利用率, 完善当地生态环境, 提高畜禽养殖产品的质量等措施。

参考文献:

- [1] 王莲芬等. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990.
- [2] 李学平. 层次分析法求指标权重的标度方法的探讨[J]. 北京邮电大学学报, 2001, 3(1): 25-27.
- [3] Lihong PENG et al. Design of Evaluation Index System of Ecological Livestock Breeding Industry Based on Sustainable Development[C]. 2010 International Conference on E-Product, E-Service and E-Entertainment (ICEEE), Volume 8: 5347-5350.

(上接第 18 页)

一个明显缺陷, 即忽略了空间中各种生态系统内部的相互作用及空间异质性, 这需要更加复杂、严谨的模型以及庞杂和精确的参数来计算区域生态系统服务的总价值。随着研究的进一步深入, 国内外实践工作的广泛开展, 相信必能不断充实和丰富生态系统服务功能的内涵, 探索更符合实际情况的价值评估模式。

参考文献

- [1] Holder J, Ehrlich P R. Human Population and Global Environment[J]. American Scientist, 1974, (62): 282-297.
- [2] Daily G C. Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washington DC: Island Press, 1997.
- [3] Costanza R, D'Arge R, De Groot R, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. Nature, 1997, (387): 253-260.
- [4] 刘玉龙, 马俊杰, 金学林, 等. 生态系统服务功能价值评估方法综述[J]. 中国人口资源与环境, 2005, 1(15): 88-92.
- [5] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
- [6] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 2(18): 189-196.
- [7] 唐弢, 朱坦, 徐鹤, 等. 基于生态系统服务功能价值评估的土地利用总体规划环境影响评价研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 3(17): 45-49.
- [8] 宗跃光, 徐宏彦, 汤艳冰, 等. 城市生态系统服务功能的价值结构分析[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 4(12): 19-22.
- [9] 夏丽华, 宋梦. 经济发达地区城市生态服务功能的研究[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2002, 3(1): 71-74.
- [10] 彭建, 王仰麟, 陈燕飞, 等. 城市生态系统服务功能价值评估初探——以深圳市为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2005, 4(41): 594-604.
- [11] 李镜, 张健, 曾维忠. 区域生态系统服务功能价值评估研究——以雅安市为例[J]. 国土资源科技管理, 2007, (24): 114-119.
- [12] 梁治平, 周兴. 基于土地利用变化的生态服务价值损益分析——以广西贵港市为例[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2007, 3(24): 67-70.
- [13] 欧阳志云, 赵同谦, 赵景柱, 等. 海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1395-1402.