

生态农业综合效益评价方法探析

袁平夫

(长沙航空职业技术学院 长沙 410124)

叶仁南 曾长荣

胡晓青

(湖南省大通湖区农业水利局 大通湖 413207) (湖南省农业技术推广总站 长沙 410005)

摘要 依据系统工程原理,采用层次分析法与统计法相结合方法,研究建立了生态农业综合效益评价体系,将生态农业综合效益分为生态环境效益、经济效益和社会效益3个子效益,每子效益又分为若干具体指标,获得其指数值。并用指标权重系数反映其指标贡献的大小,得出各指标加权指数值后再求和得出子效益和综合效益数值。

关键词 生态农业 综合效益 评价方法

Discussion on the evaluation method of comprehensive benefits of eco-agriculture. YUAN Ping-Fu (Aeronautical Vocational and Technical College, Changsha 410124, China), YE Ren-Nan, ZENG Chang-Rong (Bureau of Agriculture and Water Resources of Datonghu Section, Hunan Province, Datonghu 413207, China), HU Xiao-Qing (Hunan Agriculture Technology Extension Station, Changsha 410005, China), *CJEA*, 2006, 14(3):184~187

Abstract An evaluation system of comprehensive benefits of eco-agriculture has been established using the theorem of system engineering combined with statistics and analytical hierarchy process. Comprehensive benefits of eco-agriculture are divided into three sub-benefits, which are economic benefit, ecological and environmental benefit and social benefit. Every sub-benefit is divided into several indexes, which can be quantified directly. Weight coefficient reflects the contributing degrees of the indexes. Values of sub-benefits and comprehensive benefits are obtained through adding up all of the weight values of sub-benefits.

Key words Eco-agriculture, Comprehensive benefit, Evaluation method

(Received Sept. 24, 2005; revised Nov. 7, 2005)

国内外学者对生态农业综合效益评价方法进行了大量研究,并提出了多种评价体系和方法^[1,6]。但在实际工作中如何从系统的角度对生态农业的综合效益进行科学的评价尚无完善的方法。现有的评价方法存在选取指标过多、指标值难以准确获取、评价过程过于繁琐、可操作性不强、过分依赖专家经验、主观性太强等缺点,如何用统一的量纲来表现生态农业的综合效益,是生态农业效益评价中的重要问题。本研究运用系统工程原理,参照现阶段我国生态农业建设的规模和发展方向,将生态农业的综合效益分为生态环境效益、经济效益和社会效益3个子效益,每个子效益分为若干具体指标,并运用统计法将各指标定量化,同时用指标权重系数反映各指标的重要性,形成一个多层次的综合评价体系,为生态农业的建设与效益评价提供理论依据和参考。

1 建立评价体系

运用层次分析法^[2,3]将生态农业的综合效益分为3个层次(图1),然后从最后一层开始将每层定量化。第一层为总效益,即综合效益;第二层为子效益,即经济效益、生态环境效益和社会效益;第三层为每个子效益分成的若干具体指标,其中有些具体指标能同时反映生态效益和社会效益(贡献不同)。

2 评价方法和步骤

2.1 第三层(具体指标)定量化

指标定量化通常采用矩阵法确定。这种方法的缺点在于定量化比较模糊,过分依赖分析人员的经验判断,存在一定程度的主观性和任意性。本研究用生产生活中的数据表示指标,采用矩阵法确定每个指标权

重系数,从而获得指标加权指数值。这样既能直接反映生产生活状况,使定量准确,又能体现各个指标对子效益贡献的差异。采用如下方法进行指标定量化^[1,4,5]。农村全年人均净产值为:

$$UP = \frac{M - C}{P} \quad (1)$$

式中, UP 为农村全年人均净产值, M 为农村各业总产值之和, C 为农村各业总支出和, P 为农村总人数。农村全年人均净产值指数为评价年和基准年 UP 的比值,反映了农村的收入状况。单位土地面积净产值为:

$$UL = \frac{M - C}{\sum S_i} \quad (2)$$

式中, UL 为单位土地面积净产值, M 为农村各业总产值之和, C 为农村各业总支出之和, S_i 为各业所占用地面积(不包括复种及重复使用面积)。单位土地面积净产值指数为评价年和基准年 UL 的比值,反映了农村土地生产效益。农村人口年均粮食占有量为:

$$PROV = \frac{(PROV)_T}{P} \quad (3)$$

式中, $PROV$ 为农村人口年均粮食占有量, $(PROV)_T$ 为全年粮食生产总量, P 为农村人口总数。农村人口年均粮食占有量指数为评价年和基准年 $PROV$ 的比值,反映了农村粮食生产情况。产品的商品率为:

$$R = \frac{G}{PROD} \quad (4)$$

式中, R 为产品的商品率, G 为包括农产品加工在内的各种产品售出量, $PROD$ 为包括农产品加工在内的各种产品总量。产品的商品率指数为评价年和基准年 R 的比值,反映农产品商品化状况。农田光能利用率为:

$$E = \frac{(\sum x_j \alpha_j + \sum y_j \beta_j) \times k}{\sum S_j \times q} \quad (5)$$

式中, E 为农田光能利用率, x_j, y_j 为各种作物主产品总量和秸秆总量, α_j, β_j 为各种作物的主产品和秸秆的折能系数, S_j 为各种作物的种植面积, k 为当年平均复种指数, q 为当地全年生理辐射总量。农田光能利用率指数为评价年和基准年 E 的比值。能量产投率为:

$$V = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{I_1 + I_2 + I_3} \quad (6)$$

式中, V 为能量产投率, Q_1, Q_2, Q_3 为第一性生产中各子系统输出的能量(包括农、林、园、草等产品能量)、第二性生产子系统输出的能量(如各项养殖业产品能量等)、加工性子系统输出的能量(农、林、牧产品加工子系统产品输出的能量), I_1, I_2, I_3 为第一性生产中各子系统人工辅助投能量、第二性生产子系统投能量(如人力、机械、电力、饲料、饲草等)、加工性子系统原料燃料等输入能量(农、林、牧产品加工)。能量产投率指数为评价年和基准年 V 的比值。土壤肥力为:

$$F = C + N + P + K \quad (7)$$

式中, F 为土壤肥力值, C, N, P, K 为耕地土壤中的平均有机质、碱解氮、速效磷和全 K 含量。土壤肥力指数为评价年和基准年 F 的比值。农村劳动力转移率为:

$$LT = \frac{P_I}{P_L} \quad (8)$$

式中, LT 为农村劳动力转移率, P_I 为从事第二、三产业劳动力人数, P_L 表示农村劳动力总人数。农村劳动力转移率指数是指评价年和基准年 LT 的比值。农村劳动力文化素质水平为:

$$CL = \frac{P_C}{P_L} \quad (9)$$

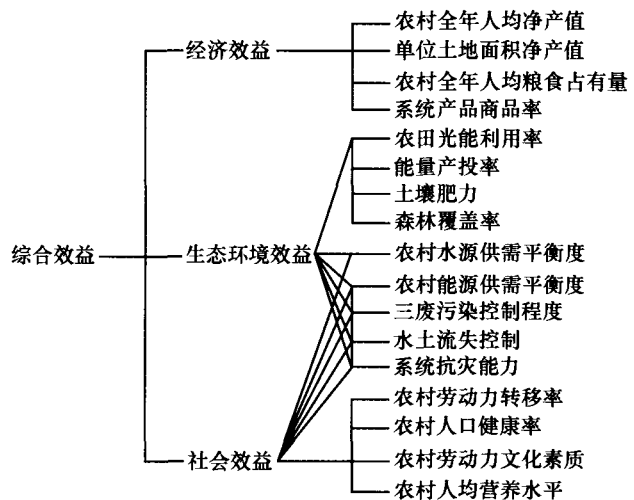


图 1 生态农业综合效益的评价体系
Fig. 1 Evaluation system of comprehensive benefits of eco-agriculture

式中, CL 为农村劳动力文化素质水平, P_C 为农村劳动力参加技术培训及具有高小以上学历人数, P_L 为农村劳动力总数。农村劳动力文化素质水平指数是指评价年和基准年 CL 的比值。农村人口健康率为:

$$H = \frac{P_H}{P} \quad (10)$$

式中, H 为农村人口健康率, P_H 为无地方病、职业病、寄生虫病及残疾的人数, P 为农村总人口数。农村人口健康率指数是指评价年和基准年 H 的比值。农村人口平均营养水平为:

$$NL = \frac{PROT}{P} \quad (11)$$

式中, NL 为农村人口平均营养水平, $PROT$ 为农村消耗的蛋白质总量, P 为农村总人口数。农村人口平均营养水平指数是指评价年和基准年 NL 的比值。农村水源供需平衡度为:

$$W = \frac{W_p}{W_n} \quad (12)$$

式中, W 为农村水源供需平衡度, W_p 为农村全年需水总量, W_n 为供水总量。农村水源供需平衡度指数是指评价年和基准年 W 的比值。农村能源供需平衡度为:

$$EB = \frac{E_a}{E_c} \quad (13)$$

式中, EB 为农村能源供需平衡度, E_a 为农村全年能源消耗总量, E_c 为农村保证供应的外能总量。农村能源供需平衡度指数为评价年和基准年 EB 的比值。三废污染控制程度为:

$$D = \frac{D_M}{D_A} \quad (14)$$

式中, D 为三废污染控制程度, D_M 为三废污染控制合格项目数, D_A 为总项目数。三废污染控制程度指数为评价年和基准年 D 的比值。水土流失控制程度为:

$$K = \frac{K_P}{K_A} \quad (15)$$

式中, K 为水土流失控制程度, K_P 为水土保持面积, K_A 为总面积。水土流失控制程度指数为评价年和基准年 K 的比值。系统抗灾能力为:

$$Z = \frac{PROD'}{PROD} \quad (16)$$

式中, Z 为系统抗灾能力, $PROD$ 、 $PROD'$ 分别为基准年和灾害年的各种产品总量。系统抗灾能力指数为评价年和基准年 Z 的比值。

通过以上公式获得的指标指数不能反映指标之间对子目标贡献的差异,因此运用矩阵法引入权重系数,方法如下^[2]:

构造判断矩阵。将第三层中的指标分别以第二层中的子效益为准则进行两两比较,得到判断矩阵 B 。

$$B = \begin{matrix} \begin{matrix} C_i \\ P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{matrix} & \begin{matrix} | & P_1 & P_2 & \cdots & P_n \\ \hline b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{matrix} \\ \\ \begin{matrix} \left[\begin{matrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{matrix} \right] \end{matrix} & \end{matrix} \quad (17)$$

其中 C_i 为子效益, P 为第三层中的各项指标。判断矩阵中的系数 b_{ij} 可通过如下方法确定。若 P_i 与 P_j 贡献相等,则 $b_{ij} = 1$;若 P_i 的贡献稍超过 P_j ,则 $b_{ij} = 3$;若 P_i 的贡献超过 P_j ,则 $b_{ij} = 5$;若 P_i 的贡献大大超过于 P_j ,则 $b_{ij} = 7$;若 P_i 的贡献绝对超过 P_j ,则 $b_{ij} = 9$;若 P_i 的贡献稍低于 P_j ,则 $b_{ij} = 1/3$;若 P_i 的贡献低于 P_j ,

则 $b_{ij} = 1/5$; 若 P_i 的贡献大大低于 P_j , 则 $b_{ij} = 1/7$; 若 P_i 的贡献绝对低于 P_j , 则 $b_{ij} = 1/9$ 。若 b_{ij} 为折中值时, 可采用 2, 4, 6, 8, 1/2, 1/4, 1/8 等。

权重系数的确定。层次分析法要求保持判断矩阵具有完全的一致性 ($b_{ij} \times b_{jk} = b_{ik}$), 此时矩阵具有唯一的非零最大特征根 $\lambda_{\max} = n$, 其余特征根皆为零。对应的特征向量即为指标权重系数。但通常 $\lambda_{\max} \neq n$, 表明判断矩阵有一定的偏差。在规定的偏差内, 可认为矩阵的构造合理 (可用一致性指标 CI 来确定)。判断矩阵的最大特征根和其对应的特征向量及一致性检验采用如下方法。采用 (18)、(19) 式计算判断矩阵每一行元素的乘积 M_i 及其 n 次方根。

$$M_i = \prod_{j=1}^n b_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (18)$$

$$\bar{W}_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (19)$$

采用 (20)、(21) 式计算特征向量和最大特征根 (将向量 $\bar{W} = (\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n)^T$ 正规化)。

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{W}_j} \quad (20)$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(BW)_i}{nW_i} \quad (21)$$

判断矩阵 B 的一致性检验。当 $CI/RI < 0.1$ 时 (RI 为同阶平均随机一致性指标, 对 1~9 阶判断矩阵, RI 的值为 0.00、0.00、0.58、0.90、1.12、1.24、1.32、1.41、1.45), 判断矩阵具有完全的一致性。经一致性检验后, 向量 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 即为指标权重系数。并按 22、23 式计算指标加权指数值。

$$A_i^* = A_i \times W_i \quad (22)$$

$$Y_i = \frac{A_i^*}{\sum_{i=1}^n A_i^*} \times 100\% \quad (23)$$

式中, A_i^* 为指标加权指数值, A_i 为指标指数值, W_i 为指标权重系数, Y_i 为指标加权指数百分比。

2.2 第二层(子效益)和第一层(综合效益)定量化

$$\text{经济效益值} = \sum \text{经济效益指标加权指数百分比} \quad (24)$$

$$\text{社会效益值} = \sum \text{社会效益指标加权指数百分比} + \sum \text{多效益指标加权指数百分比} \times \text{权重系数} \quad (25)$$

$$\text{生态环境效益值} = \sum \text{生态环境效益指标加权指数百分比} + \sum \text{多效益指标加权指数百分比} \times \text{权重系数} \quad (26)$$

其中多效益指标的权重系数可参照指标权重系数的计算方法确定。

$$\text{综合效益值} = \text{经济效益值} + \text{社会效益值} + \text{生态环境效益值} \quad (27)$$

3 综合效益评价方法的特点

经过改进的评价方法, 与其他评价法相比具有以下特点: 改进后的评价法将综合效益分为经济效益、生态环境效益和社会效益, 体现了可持续发展的思想。直接用生产生活中的数据计算各子效益的具体指标, 与单纯的层次分析法相比, 减少了主观臆断, 提高了数据的真实性和可靠性。用权重系数校正第三层中指标指数值, 与单纯的指标统计相比, 反映了不同指标对子效益贡献的差异, 具有合理性。用多效益指标反映生态环境效益和社会效益, 并运用矩阵法确定权重系数, 体现了具体指标的效益多样化。引入指标加权指数百分比, 提高了评价方法的统一性和方便性。用累加法确定第一(二)层中总效益(子效益)的值, 与单纯的层次分析法相比, 既简化了评价步骤, 又反映了总效益(子效益)与效益(具体指标)之间的包含与被包含的关系。

参 考 文 献

- 1 朱孔来, 马成霞. 生态农业综合效益评价方法的研究. 生态学杂志, 1991, 10(6): 67~70
- 2 韦鹤平. 环境系统工程. 上海: 同济大学出版社, 1991
- 3 王 茜, 吴胜军, 肖 飞等. 洪湖湿地生态系统稳定性评价研究. 中国生态农业学报, 2005, 13(4): 178~180
- 4 胡代泽. 生态农业综合效益评价指标体系及其应用. 资源开发与保护, 1991, 7(1): 3~7
- 5 王发曾. 生态农业经营效益的综合评价. 农业系统科学与综合研究, 1994, 10(1): 69~71
- 6 Saaty T. L. The analytic hierarchy process: planning, priority setting. Resource Allocation. New York: McGraw Hill, 1980