

# 中尺度生态农业建设效益评价指标体系研究

王继军, 郑科, 郑世清, 彭珂珊  
(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)

**提 要:** 作者首先提出了中尺度生态农业建设效益的评价指标体系, 然后运用“层次分析法”确定了各个指标的权重, 并以燕沟流域为对象对这一指标体系进行了验证。  
**关键词:** 中尺度; 效益评价; 指标体系; 权重  
**中图分类号:** S181      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2000)-03-0243-05

## The Index System of Reviewing Effects of Ecological Agriculture Construction in the Medium Scale Areas

WANG Ji-jun, ZHENG Ke, ZHENG Shi-qing, PENG Ke-shan  
(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi 712100, PRC)

**Abstract:** The author point out the index systems of reviewing effects of ecological agriculture construction in the medium scale areas, study on the proportion of every index, and test and verify this index system according to the fact of ecological agriculture construction in Yangou Valley.  
**Key words:** the medium scale areas; reviewing effects; the index system; proportion

效益评价是对实施措施功能的反映, 通过对不同区域不同实施方案, 或同一区域不同时期的不同实施方案所产生的效益的比较, 可以判断不同“方案”的优劣, 从而为未来决策提供科学依据。  
1997年, 开始了中尺度生态农业建设试验示范研究, 为此, 必须研究与之相适应的效益评价指标体系。

### 1 效益评价指标体系与权重的确定

- 1.1 指标体系设置的原则
- 指标体系设置遵循如下原则:
- (1) 目的性。即评价指标的设置与计算结果必须能够反映中尺度生态农业建设的效果。
  - (2) 科学性。即评价指标的选取必须遵循生态经济学原理, 且具有针对性; 评价方法应能够尽可能地

- 运用现代手段予以权衡和定量表达。
- (3) 系统性。即评价体系能够综合反映生态、经济社会的有机统一。
  - (4) 重点性。中尺度生态农业建设是一个复杂的开放系统, 要反映其建设过程和效果, 有许多生态经济社会指标, 在研究和评价过程中, 不可能面面俱到, 也没有必要面面俱到, 所以, 针对生产现状和发展可能与趋势, 选择一些能反映其建设过程和效果的重要指标即可。
  - (5) 可行性。即指标能够被量化, 所需量值能够收集到; 指标体系具有普遍适用性, 在同类型区间具有可比性。
- 1.2 指标体系的设置
- 在征求相关专家意见的基础上, 通过分析和筛

\* 收稿日期: 2000-08-18  
国家“九五”攻关课题96-005-04-13和96-004-05-04资助。

选, 形成图 1 的指标体系。

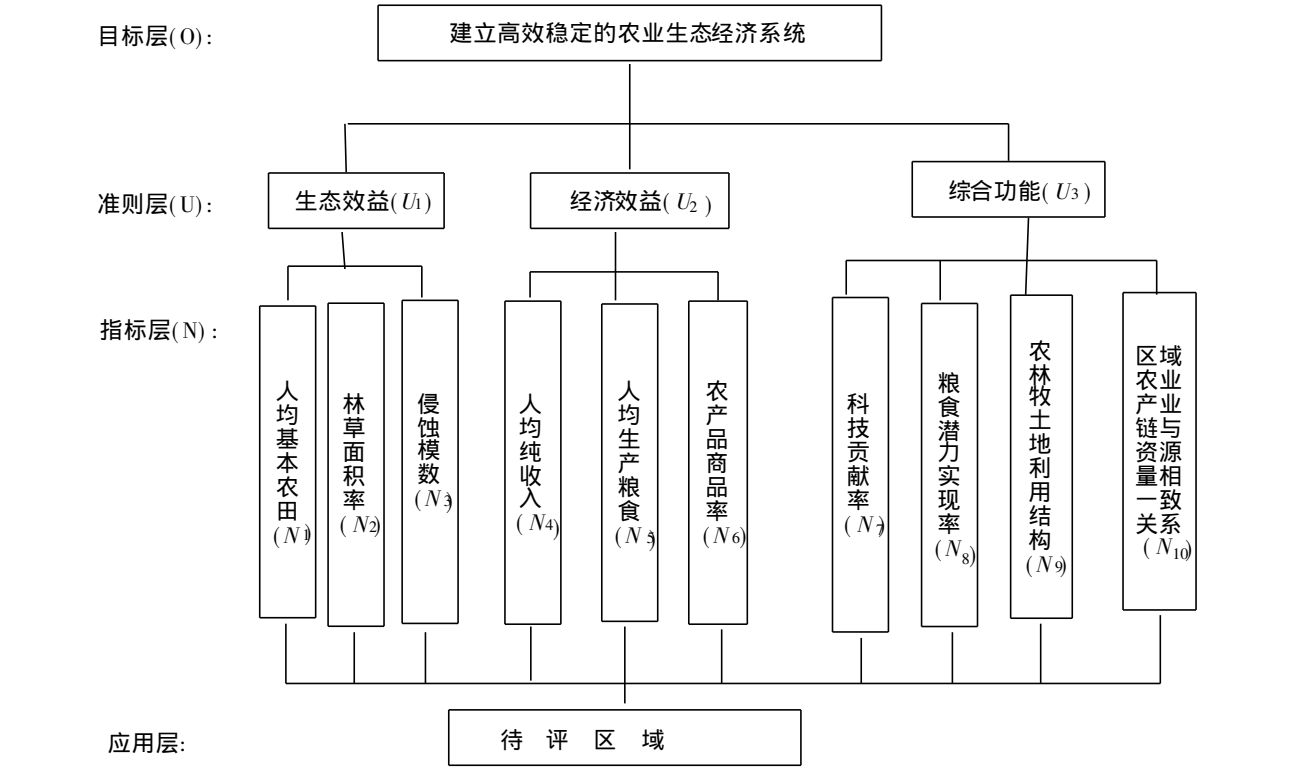


图1 指标体系构成图

1. 3 指标权重的确定

1. 3. 1 计算方法 运用“层次分析法”来计算指标权重, 层次分析法的计算过程为:

(1) 构造判断矩阵。在构造判断矩阵之前, 必须组织相关专家对论题及各个指标进行深入的分析和讨论, 然后各位专家独立打分, 求其平均值构造判断矩阵。

在层次分析方法中, 为了使决策判断定量化, T·L·Satty 引入了表 1 的 1~9 的标度方法, 这样就能使得决策者判断思维数字化。

表 1 评价指标重要程度标度表	
标度	含 义
1	表示两因素相比, 同等重要
3	表示两因素相比, 一因素比另一因素稍微重要
5	表示两因素相比, 一因素比另一因素明显重要
7	表示两因素相比, 一因素比另一因素强烈重要
9	表示两因素相比, 一因素比另一因素极端重要
2, 4, 6, 8	处于上述两相邻标度之中值

(2) 判断矩阵的一致性及其检验。

当  $CR = CI/RI < 0.10$  时, 即认为判断矩阵具

有满意的一致性, 否则就需要调整判断矩阵, 并使之具有满意的一致性。

式中:  $CR$  为随机一致性比率;  $RI$  为同阶随机一致性指标, 其数值由表 2 给出;

表 2 1~20 阶判断矩阵的平均随机一致性指标 RI 值										
矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.48
矩阵阶数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RI	1.52	1.55	1.56	1.59	1.61	1.62	1.64	1.65	1.67	1.68

$CI$  为判断矩阵的一致性指标, 计算公式为:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

式中:  $n$  为矩阵阶数;  $\lambda_{\max}$  为矩阵最大特征根。

(3) 指标权重的确定。

1. 3. 2 层次单排序极其一致性检验 据上所述, 笔者邀请了对中尺度生态农业建设试验示范区熟悉的 8 位专家, 在充分讨论的基础上, 独立打分, 通过计算, 得到如下研究结果:

表 3 O—U 矩阵与运算结果

O	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_1 \cdot U_2 \cdot U_3$	$\sqrt[3]{U_1 \cdot U_2 \cdot U_3}$	W
$M_1$	1	0.8255	3.1245	2.579275	1.3714	0.396129
$M_2$	1.2114	1	3.6953	4.476486	1.6481	0.476054
$M_3$	0.3201	0.2706	1	0.086619	0.4425	0.127816

$CI = 0, RI = 0.58, CR = 0.$

计算结果符合一致性要求, 对总目标来说, 准则层中各因数的  
重要程度及排序为经济效益(0. 476), 生态效益(0. 396), 综合功能(0. 128)。

表 4  $U_1$ — $N$  矩阵与运算结果

$U_1$	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_1 \cdot N_2 \cdot N_3$	$\sqrt[3]{N_1 \cdot N_2 \cdot N_3}$	$W$
$N_1$	1	0. 589	0. 398	0. 234422	0. 61659	0. 191926
$N_2$	1. 698	1	0. 676	1. 147848	1. 04704	0. 325913
$N_3$	2. 513	1. 479	1	3. 716727	1. 54901	0. 482161

$CI$ = 0. 0000167,  $RI$ = 0. 58,  $CR$ = 0. 0000288。

计算结果符合一致性要求, 对生态效益来说, 其  
隶属指标的排序和权重分别为: 侵蚀减少率 0. 482, 林草面积率 0. 326, 人均基本农田 0. 192。

表 5  $U_2$ — $N$  矩阵与运算结果

$U_2$ — $N$	$N_4$	$N_5$	$N_6$	$N_4 \cdot N_5 \cdot N_6$	$\sqrt[3]{N_4 \cdot N_5 \cdot N_6}$	$W$
$N_4$	1	2. 697	2. 792	7. 530024	1. 96004	0. 578266
$N_5$	0. 372	1	1. 025	0. 3813	0. 72514	0. 213937
$N_6$	0. 358	0. 976	1	0. 349408	0. 70433	0. 207797

$CI$ = 0. 000544,  $RI$ = 0. 58,  $CR$ = 0. 000938。

计算结果符合一致性要求, 对经济效益来说, 其  
隶属指标的排序和权重分别为: 人均纯收入 0. 578, 人均粮 0. 214, 农产品商品率 0. 208。

表 6  $U_3$ — $N$  矩阵与运算结果

$U_3$	$N_7$	$N_8$	$N_9$	$N_{10}$	$N_7 \cdot N_8 \cdot N_9 \cdot N_{10}$	$\sqrt[4]{N_7 \cdot N_8 \cdot N_9 \cdot N_{10}}$	$W$
$N_7$	1	1. 3875	1. 3152	1. 7356	3. 167192	1. 33404	0. 327776
$N_8$	0. 7207	1	0. 9475	1. 2509	0. 854194	0. 96137	0. 23621
$N_9$	0. 7603	1. 055	1	1. 125	0. 902381	0. 97465	0. 239473
$N_{10}$	0. 5762	0. 7994	0. 8889	1	0. 40944	0. 79992	0. 196542

$CI$ = 0. 00103,  $RI$ = 0. 9,  $CR$ = 0. 00114。

计算结果符合一致性要求, 对综合功能准则来说, 其隶属指标的排序和权重分别为: 科技贡献率 0. 328, 农林牧土地利用结构 0. 239, 粮食潜力实现率 0. 236, 农村产业链与资源量相一致的关系 0. 197。

1. 3. 3 层次总排序及一致性检验 计算同一层次所有因素对于最高层(总目标)相对重要的排序权值, 称为总排序。这一过程是最高层次到最低层次逐层进行的。

表 7 层次总排序

层次	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$N$ 层次总排序权重
	0. 396	0. 476	0. 128	
$N_1$	0. 192			0. 076032
$N_2$	0. 326			0. 129096
$N_3$	0. 482			0. 190872
$N_4$		0. 578		0. 275128
$N_5$		0. 214		0. 101864
$N_6$		0. 208		0. 099008
$N_7$			0. 328	0. 041984
$N_8$			0. 236	0. 030208
$N_9$			0. 239	0. 030592
$N_{10}$			0. 197	0. 025216

$CR$ = (0. 396×0. 0000167+ 0. 476×0. 000544+ 0. 128×0. 00103)/(0. 396×0. 58+ 0. 476×0. 58+ 0. 128×0. 9)= 0. 000639< 0. 1

表明总排序符合一致性要求, 其各因素所得权重符合评价要求。

## 2 应用实例——对燕沟流域的评价

燕沟流域位于延安市宝塔区的柳林乡, 沟口距延安市 7 km, 辖 14 个行政村, 有 693 户, 2 932 人, 总面积 1 286. 7 km<sup>2</sup>。自 1998 年开始, 根据该流域不

同类型村的区位和生态经济学特征, 进行了“农副型”、“农果型”和“林牧型”三种模式试验示范, 取得了超常规发展。

表 8 是几年来的发展结果, 1999 年与 1997 年相比, 仅 2 年时间, 人均纯收入就增加 91%, 年递增 38. 20%; 人均生产粮食增加 40%, 年递增 18. 32%。

表 8 生态农业建设各个指标发展情况

指标	基本农田/(hm <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )	林草面积率/(%)	侵蚀模数/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	人均纯收入/(元·人 <sup>-1</sup> )	人均生产粮/(kg·人 <sup>-1</sup> )	农产品商品率/%	科技贡献率/%	粮食潜力实现率/%	农林牧土地利用结构	区域农业产业链与资源量相一致关系
1997	0. 06	23. 8	6000	800	400	32	20	40	1 1. 3	农果农牧形成
1999	0. 16	54	1506	1528	560	58	60	55	1 4. 1	主导产业培育

### 2. 1 效益同一量纲化

为了使三大效益及其各指标能够同一量纲, 确定表 9 的标度值。

表 9 效益标度值

序号	标度	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	人均基本农田/(hm <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )	0. 013	0. 033	0. 066	0. 08	0. 1	0. 12	0. 133	0. 166	0. 2
2	植被覆盖率/%	5	10	20	30	40	45	50	55	60
3	侵蚀模数/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	20000	16000	12000	8000	6000	4000	3000	2000	1000
4	人均纯收入/(元·人 <sup>-1</sup> )	300	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
5	人均粮食/(kg·人 <sup>-1</sup> )	200	250	300	350	400	450	500	550	600
6	农产品商品率/%	20	25	30	40	50	60	70	80	85
7	科技贡献率/%	10	20	30	40	50	60	70	75	80
8	粮食潜力实现率/%	10	20	30	40	50	60	70	80	90
9	农林牧土地利用结构*/%	1 1. 0	1 1. 5	1 2	1 2. 5	1 3. 0	1 3. 5	1 4	1 4. 5	1 5
10	区域农业产业与资源量相一致关系	广种、垦荒	广种	单一粮食	农果农牧萌芽	农果发展、林牧萌芽	主导产业培育	相关产业形成	产业间形成有机统一的关系	生态经济系统良性循环

\* 为研究问题的方便, 用农耕地面积/林牧地面积表示。

按照表 8 和表 9, 得出各个指标的得分(表 10)。

表 10 各个指标的得分

年份	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	N <sub>7</sub>	N <sub>8</sub>	N <sub>9</sub>	N <sub>10</sub>
1997	3	3	5	3	5	3	2	4	2	4
1999	8	8	8	4	8	6	6	6	8	6

### 2. 2 效益计算及分析

按照表 10 和各个指标的权重, 得到表 11 的效益得分值。

表 11 各个指标效益得分值表

年份	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	N <sub>7</sub>	N <sub>8</sub>	N <sub>9</sub>	N <sub>10</sub>	合计
1997	0. 228	0. 387	0. 954	0. 825	0. 509	0. 306	0. 084	0. 121	0. 061	0. 101	3. 576
1999	0. 608	1. 033	1. 527	1. 101	0. 815	0. 611	0. 252	0. 181	0. 245	0. 151	6. 524
理想	0. 684	1. 162	1. 718	2. 476	0. 917	0. 891	0. 378	0. 272	0. 275	0. 227	9. 000

由表 11 可以汇总出各准则层和目标层的评价结果(表 12)。

表 12 燕沟流域生态农业建设效益评价结果表				
年份	生态效益	经济效益	综合功能	合计
1997	1. 569	1. 640	0. 367	3. 576
1999	3. 168	2. 527	0. 829	6. 524
理想	3. 564	4. 284	1. 152	9

计算出生态农业建设效益的综合数量评价后,可换算成效益应属等级。表 13 的等级由相关专家根据经验判断所得。

表 13 生态农业建设效益评价等级标准				
等级	优	良	中	差
数量评价(分)	9- 7	7- 5	5- 3	3- 0

从表 11~ 13 可以看出:

(1) 燕沟流域经过 2 年的生态农业建设,取得了很大的成绩,综合效益已由 1997 年的“中等级”上升到“良好级”。

(2) 2 年来,由于注重生态环境建设,所以生态效益增加较快;生态环境治理所引起的经济效益具有滞后性,所以经济效益增加速度相对较慢(生态效

益增加了 1. 02 倍,经济效益增加了 0. 54 倍,综合功能增加了 1. 25 倍)。

(3) 今后生态农业建设的方向可能是在继续进行生态环境建设的基础上,合理开发利用资源,大幅度提高经济效益,诸如人均收入、农产品商品率等。

### 3 讨 论

(1) ‘层次分析法’虽然不能避免人们的主观判断,但它可以较大的减少主观性和片面性,且使不同类型指标能够同一量纲化,所以该方法是可行的;燕沟流域的评价结果与实际相符,所以该方法是科学的。

(2) 在运用‘层次分析法’过程中,必须提高打分专家的判断能力和水平,使其判断更具科学性。

(3) 笔者认为,在一个较长的时段内,权重应是动态的,以适应中尺度生态农业建设过程中制约因子和建设重点的变化。

致谢: 承课题组各位老师的指导、为各个指标打分、提供相关数据,在此一并致谢!

#### 参考文献

(1) 水利部水土保持司. 水力治沙造田与沙区农业可持续发展[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998 年 1 月

(2) 杨文治, 余存祖主编. 黄土高原区域治理与评价[M]. 北京: 科学出版社, 1992 年 3 月

(3) 刘普灵, 等. 黄土高原中部丘陵区生态农业建设模式研究[J]. 水土保持研究, 2000. 7( 2)

( 上接第 160 页)

断蔓延, 据报道, 我国水土流失面积目前仍以 10 000 km<sup>2</sup>/a 的速度在增加。另外, 仅从以上水土流失对水文情势的影响考虑和认识水土流失这个问题, 1998 洪水给国家和人民带来的损失是巨大的。水土流失不仅是加大洪灾危害, 而不会使整个生态环境恶化, 若任水土流失发展, 其后果不堪设想。可见, 水土保持刻不容缓。水土保持事业是一项长期而艰巨的事业。如江西省现还有 3 522 000 hm<sup>2</sup> 水土流失面积, 按 1997 年治理水平, 即使不再增加新的水土流失面

积, 基本治理完尚需百年左右。而目前在进行原有水土流失治理的同时, 新的水土流失又不断增加, 形势逼人也显见水土保持事业任重道远。

在当前形势下, 应加强宣传, 发挥舆论工具的作用, 用事实说明水土流失的严重危害性和水土保持、改善生态环境的重要性, 以提高全社会、全体民众的水土保持意识, 环境意识, 克服急功近利的思想。增加资金投入, 加快水土保持生态环境建设的步伐, 巩固现有水土保持成果, 控制新的水土流失产生。

#### 参考文献

1 管日顺. '98 洪水撞响江西水保警钟[N]. 中国水利报, 1999, 01~ 28