

晋西黄土丘陵区生态农业总体规划研究

王学萌 邢丽萍 郭常莲 聂宏声

(山西省农业科学院农业资源综合考察研究所 太原 030006)

摘 要 王学萌,邢丽萍,郭常莲,聂宏声. 晋西黄土丘陵区生态农业总体规划研究. 生态农业研究, 1996, 4(3): 38~42.

生态农业建设是一项多因素、多层次、多目标的复杂的系统工程。遵循生态经济学原理, 以晋西黄土丘陵区为一个系统, 坚持经济、生态、社会三者效益相结合, 采用目标规划的模型, 对该区生态农业建设进行了总体规划, 为有关部门决策提供了科学依据。

关键词 生态农业 目标规划 层次分析

Abstract Wang Xuemeng, Xing Lipin, Guo Changlian and Nie Hongsheng (Agricultural Resources Comprehensive Survey Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006): A study on comprehensive ecoagricultural programming in the hilly loess region of West Shanxi. *EAR*, 1996, 4(3): 38~42.

The eco-agricultural construction is a complex systems engineering with multi-factors, multi-layers and multi-targets. By adopting target programming model, combining economic, social and ecological benefits, comprehensive ecoagricultural programming was carried out in accordance with eco-economic theory and by taking the whole area of the hilly loess region of West Shanxi as a large system. This work provided scientific basis for policies formulating for the relevant government departments.

Key words Eco-agriculture, Target programming, Gradation analysis

晋西黄土丘陵区是我国黄土高原的组成部分, 是全国 18 个集中连片贫困地区之一。造成该区长期贫困的原因主要是水土流失严重, 生态环境恶劣, 农业生产与农村经济发展缓慢。只有因地制宜积极开展生态农业建设, 使农村经济形成生态经济良性循环体系, 才是正确的战略抉择。生态农业建设是一项多因素、多层次、多目标的系统工程, 为此, 我们遵循生态经济学原理, 运用系统工程的思想方法, 将沿黄丘陵区作为一个大系统, 以改善区域生态环境, 持续发展农村经济为目标, 进行了总体规划。

1 目标规划模型的建立

1.1 目标规划数学模型

目标规划对众多目标首先分别确定一个期望实现的目标值, 然后按目标的重要级别依次进行计算, 以求得最接近实现各目标预定数值的方案。目标规划模型的组成, 包括决策变量、约束条件和目标函数, 其基本形式如下:

达成函数:

$$\min f = \sum_{i=1}^K P_i \sum_{j=1}^m (\omega_{ij}^- d_i^- + \omega_{ij}^+ d_i^+) \quad (1)$$

目标函数约束:

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = e_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

约束条件:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq (\text{或} \geq, \text{或} =) b_i \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

决策变量及偏差变量约束:

$$x_j \geq 0 \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

式中, W_{ij}^-, W_{ij}^+ 为权系数, P_i 为优先级别, d_i^-, d_i^+ 分别为负、正偏差, x_j 为决策变量, c_{ij}, a_{ij} 为决策变量系数, e_i 为目标期望值, b_i 为约束条件边界值。

1.2 选定决策变量

根据生态农业建设规划设计的原则,共设置13个变量,其中 x_1, x_2, x_3 分别为粮食作物、经济作物、其它作物占用耕地面积; x_4 为园地面积; x_5 为林地面积; x_6 为草地面积; $x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$ 分别为大牲畜、羊、猪、鸡、兔、蜂的数量; x_{13} 为扩大基本农田面积。

1.3 目标函数的确定及目标期望值的选择

晋西黄土丘陵区是黄河泥沙主要来源区,其主要原因是土地利用结构不合理,农、林、牧各业不协调,造成土地利用率不高,农业生产率低下,大量水土流失。因此,生态农业总体规划的主要任务一是搞好农田基本建设,改良土壤的理化性状,保护现有耕地,不断提高农业综合生产能力;二是大力发展林业,建立水保防护林体系、生态经济林体系,提高森林覆盖率;三是优化资源配置,不断增加农业投入,发展第三产业,提高劳动生产率,不断增加农民收入,改善农民生活水平。为满足上述任务的要求,达到经济、生态和社会效益相统一,选择基本农田建设面积、森林覆盖面积、粮食总产量、农业投入资金和农业总产值这5项指标为总体规划的目标函数。目标优先级的确定分别从两方面考虑:以社会经济效益为主导,目标函数的优先级是 P_1 为粮食总产量最高, P_2 为农业总产值最大和农业资金投入最小, P_3 为保证基本农田面积和森林覆盖面积;以生态效益为主导,目标函数的优先级是 P_1 为保证基本农田面积和森林覆盖面积, P_2 为粮食总产量最高, P_3 为农业总产值最大和农业资金投入最小。

目标期望值是依据历史统计资料,运用灰色 $GM(1,1)$ 模型进行预测,求出预测值范围,然后根据规划目标和决策要求,并通过指标间协调来确定的:生态目标有两项,一是基本农田面积期望值的确定,以全区新增基本农田人均 $0.1 \sim 0.15 \text{ hm}^2$ 为准,其范围 $233.3 \sim 466.7 \text{ km}^2$ 。二是森林覆盖面积期望值的确定,根据山西省政府规划要求,该区森林覆盖率应达到 $25\% \sim 30\%$,其范围为 $1170 \sim 1466.7 \text{ km}^2$;社会需求目标即粮食总产量期望值的确定,是先根据前6年统计数据,运用灰色动态 $GM(1,1)$ 模型对粮食产量进行预测,再参考粮食单产量预测值与耕地保有量来确定,并与有关部门规划的数据进行协调,确定粮食总产量的期望值为 $130 \sim 170$ 万 t;经济目标有两项,一是农业总产值,根据统计数据,运用灰色动态 $GM(1,1)$ 模型进行预测,其值为 $61 \sim 67$ 亿元。二是农业资金投入,根据几

年来物质消耗统计数据,预测其值为 20~25 亿元。

1.4 目标函数与约束方程中技术系数的确定

目标函数与约束方程中的技术系数包括两部分,一是各类用地单位面积的产量、产值和投资;二是畜禽类的单位产量与单位投资。各类用地单产除粮食单产为预测值外,其余大部分是根据 1990~1991 年统计资料,通过总产量与该作物面积计算求得平均值,产值均采用 1990 年不变价乘以相应的单位产量而求得。

1.5 各项决策变量约束值的确定

土地利用方面的约束值均采用土地详查资料的数据,农产品产量全部采用灰色预测方法选取约束值的上、下限,农业总产值与农业资金投入的约束值也采用灰色预测值确定上下限。依此构造约束方程如下:

农用土地面积约束: $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 2901.27$; 耕地面积约束: $x_1 + x_2 + x_3 \leq 160.00$; 草地约束: $x_6 \leq 400.00$; 基本农田面积约束: $x_{13} \geq 800.00$; 森林覆盖面积约束: $x_4 + x_5 + x_6 \leq 4400.00$; 水土治理面积约束: $x_4 + x_5 + x_6 + x_{13} \geq 1933.33$; 粮经比例约束: $8x_2 + 8x_3 - 2x_1 = 0.00$; 粮食总产量约束: $65x_1 + 130x_{13} \leq 1700000.00$; 油料总产量约束: $63x_2 \geq 150000.00$; 蔬菜总产量约束: $2000x_3 \geq 2500000.00$; 水果总产量约束: $200x_4 \geq 75000.0$; 肉类总产量约束: $15x_7 + 6x_8 + 55x_9 + 0.4x_{10} + 3.3x_{11} \leq 90000.00$; 禽蛋总产量约束: $4x_{10} \geq 18000.00$; 大牲畜头数约束: $x_7 \geq 580.00$; 羊年末只数约束: $x_8 \geq 3000.00$; 猪年末只数约束: $x_9 \geq 550.00$; 养兔只数约束: $x_{11} \geq 1500.00$; 养蜂箱数约束: $x_{12} \geq 16500.00$; 农业总产值约束: $70x_1 + 90x_2 + 600x_3 + 200x_4 + 48x_5 + 15x_6 + 180x_7 + 55x_8 + 220x_9 + 20x_{10} + 55x_{11} + 90x_{12} + 90x_{13} \geq 6100000.00$; 农业资金投入约束: $30x_1 + 30x_2 + 50x_3 + 50x_4 + 22x_5 + 10x_6 + 43x_7 + 8x_8 + 138x_9 + 8x_{10} + x_{11} + 24x_{12} + 100x_{13} \geq 2700000.00$ 。

2 供选方案的确定

为能提出多种方案供决策者对比与选用,在目标规划模型求解过程中,通过对目标函数期望值及一些主要指标进行上、下约束值的各种不同组合,或作一定范围的浮动,并根据

表 1 2000 年山西省生态农业规划方案主要评价指标

Tab. 1 Main evaluating indexes in eco-agricultural programming in 2000

准则 Criteria	指标体系 Index system	单位 Unit	方案 I Plan I	方案 II Plan I	方案 III Plan II	方案 IV Plan IV	方案 V Plan V
生态效益 Ecological effects	C ₁ 人均基本农田	hm ² /人	0.05	0.07	0.13	0.11	0.11
	C ₂ 森林覆盖率	%	26.40	22.40	29.20	28.00	33.00
	C ₃ 水土治理面积	khm ²	1836.67	1659.73	2094.70	2043.15	2266.67
	C ₄ 人均粮食	kg	344.83	449.97	485.79	450.93	456.90
社会经济效 益 Social and economic effects	C ₅ 人均耕地	hm ² /人	4.80	6.00	4.80	5.00	5.10
	C ₆ 农业总产值	万元	519043.10	598901.10	625905.40	610775.00	638255.00
	C ₇ 农业产投比		2.79	2.75	2.50	2.60	2.61
	C ₈ 粮经比		4.00	4.00	3.00	3.00	3.00
可行性 Feasibility	C ₉ 农业投入资金	万元	185839.30	217710.23	250000.00	235124.90	244111.54
	C ₁₀ 粮食单产	kg/hm ²	1074.00	1125.00	1518.00	1351.50	1336.50
	C ₁₁ 基本农田速度	hm ² /a	3.65	5.33	9.73	8.00	8.00

据生态目标主导或经济目标主导,调整优先级,形成不同的约束条件和达成函数,得出不同解,再从中选出几个可行性方案作为供选方案。对以上模型求解,并通过反复对比、检验、修正,最后确定供选方案5个,规划方案主要评价指标见表1。

3 规划方案的评价

3.1 明确问题,建立层次结构

应用层次分析法(AHP)对上述5个供选方案进行评价与选优。评价规划方案首先要统筹兼顾社会效益、生态效益,权衡土地利用的综合效益,同时应考察各方案实现的可能程度,为此,建立土地利用总体规划方案评价层次结构及其指标体系(见图1)。

3.2 构造判断矩阵

这是层次分析的出发点和关键的一步。在本规划评价中,判断矩阵数值是根据实践经验、数据资料和分析平衡给出的。先就准则层对目标层进行重要性比较,以生态效益为主导型建立A-B判断矩阵并进行计算,结果见表2a。若以经济效益为主导型,则其权重经济效益为0.54,生态效益为0.30,可行性为0.16。再就指标层对准则层进行重要性比较,

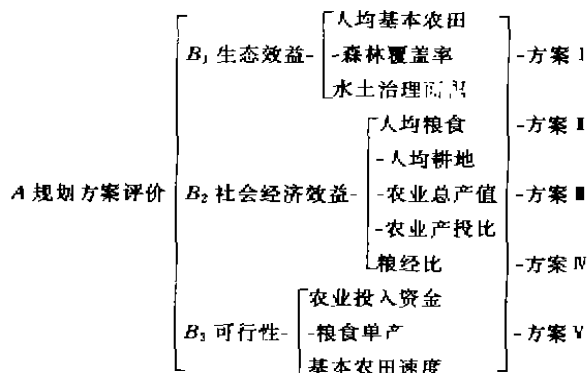


图1 山西省沿黄地区生态农业规划方案评价层次结构图

Fig.1 Gradation structure for evaluating the eco-agricultural programming in the hilly loess region of west Shanxi

分别构造出 B_1-C 、 B_2-C 和 B_3-C 三个判断矩阵,并进行计算,其结果见表2b-d。再就方案

表2a 判断矩阵A-B

Tab. 2a Judgement matrix A-B					
A	B_1	B_2	B_3	权重(Weight)	
B_1	1	2	3	0.54	
B_2		1	2	0.30	
B_3			1	0.16	

表2c 判断矩阵 B_2-C

Tab. 2c Judgement matrix B_2-C							
B_2	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	权重(Weight)	
C_4	1	4	2	3	5	0.42	
C_5		1	1/3	1/2	2	0.10	
C_6			1	2	4	0.26	
C_7				1	3	0.16	
C_8					1	0.06	

表2b 判断矩阵 B_1-C

Tab. 2b Judgement matrix B_1-C					
B_1	C_1	C_2	C_3	权重(Weight)	
C_1	1	1/2	1/3	0.16	
C_2		1	1/2	0.30	
C_3			1	0.54	

表2d 判断矩阵 B_3-C

Tab. 2d Judgement matrix B_3-C					
B_3	C_9	C_{10}	C_{11}	权重(Weight)	
B_1	1	2	3	0.54	
B_2		1	2	0.30	
B_3			1	0.16	

层分别对指标层进行重要性比较,构出判断矩阵(包括11个)。以上计算,CR均小于0.1,表明判断矩阵具有满意的一致性。

3.3 指标层次和方案评价总排序

进行指标层次总排序和方案评价总排序,详见表3-4。

表 3 指标层次总排序表

Tab. 3 Order of the index hierarchy

指标体系 Index system	生态目标(Ecological objectives)				经济目标(Economic objectives)			
	生态效益 Ecological effect	社会经济效益 Social effect	可行性 Feasibility	权 重 Weights	社会经济效益 Social effect	生态效益 Ecological effect	可行性 Feasibility	权 重 Weights
	权重 0.54	权重 0.30	权重 0.16		权重 0.54	权重 0.30	权重 0.16	
C ₁ 人均基本农田 Basic area of farmland per capita	0.16			0.086		0.30		0.090
C ₂ 森林覆盖率 Percentage of forest cover	0.30			0.162		0.16		0.048
C ₃ 水土治理面积 Area of soil and water conservation	0.54			0.292		0.54		0.162
C ₄ 人均粮食 Grain yield per capita		0.43		0.126	0.26			0.14
C ₅ 人均耕地 Arable land per capita		0.10		0.030	0.10			0.54
C ₆ 农业总产值 Total agricultural output value		0.26		0.078	0.42			0.28
C ₇ 农业产投比 Output-input ratio of agriculture		0.16		0.048	0.16			0.09
C ₈ 粮经比 Ratio of grain-economic crops		0.06		0.002	0.06			0.032
C ₉ 农业投入资金 Invested capital in agriculture			0.54	0.086			0.54	0.086
C ₁₀ 粮食单产 Grain yield per hectare			0.30	0.048			0.30	0.048
C ₁₁ 基本农田速度 Speed of basic farmland			0.16	0.026			0.16	0.026

表 4 方案评价总排序表

Tab. 4 Order of plan evaluation

指 标 Indexes	权 系 数 Weight coefficients		备 选 方 案 Alternate plans				
	经济目标 Economic objectives	生态目标 Ecological objectives	I	II	III	IV	V
C ₁	0.009	0.086	0.074	0.121	0.376	0.215	0.215
C ₂	0.048	0.162	0.121	0.074	0.215	0.215	0.376
C ₃	0.162	0.292	0.121	0.074	0.215	0.215	0.376
C ₄	0.140	0.126	0.079	0.137	0.403	0.137	0.244
C ₅	0.054	0.030	0.082	0.386	0.082	0.225	0.225
C ₆	0.227	0.078	0.062	0.097	0.263	0.156	0.419
C ₇	0.086	0.048	0.403	0.244	0.079	0.137	0.137
C ₈	0.032	0.002	0.125	0.125	0.250	0.250	0.250
C ₉	0.086	0.086	0.062	0.097	0.419	0.156	0.263
C ₁₀	0.048	0.048	0.403	0.244	0.079	0.137	0.137
C ₁₁	0.026	0.026	0.403	0.244	0.137	0.137	0.137
生态主导序(Ecological order)			0.133	0.119	0.251	0.183	0.299
经济主导序(Economic order)			0.135	0.139	0.258	0.175	0.292

3.4 评价结果

由表 4 可知,5 个供选方案以生态效益为主导其优先顺序为: V、III、IV、I、II; 若以经济效益为主导其优先顺序为: V、III、IV、II、I。