

层次分析法在陕北退耕还林可持续发展 影响因子评价中的应用

张晓, 高海清, 郭东敏, 卜耀军

(榆林学院, 陕西 榆林 719000)

摘要: 试将层次分析法的原理和方法运用于陕北黄土高原地区退耕还林可持续发展影响因子的评价中。选取了适宜的20个退耕还林可持续发展主要影响因子,对影响退耕还林(草)可持续性的生态、经济、人口和政策管理系统的4个一级指标,20项因子进行指标权重确定。结果表明,生态效益影响因素所占的比重最大,接近50%;经济发展指标次之,接近30%,说明生态效益是影响退耕还林可持续发展的重要因素,其次为经济效益因素。这与陕北退耕还林工程的现状正好相符,从而为陕北后退耕时期规划提供依据和奠定基础。

关键词: AHP法; 退耕还林; 可持续发展; 评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0147-05

中图分类号: S718.56

Factor Assessment on Sustainable Development of Converting Farmland into Forest and Grassland in Northern Shannxi Province by Using Analytic Hierarchy Process

ZHANG Xiao, GAO Hai-qing, GUO Dong-min, BO Yao-jun

(Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000, China)

Abstract: The principle and method of analytic hierarchy process(AHP) were applied to assess the sustainable development factors of converting farmland into forest/ grassland in North Shaanxi Province. Twenty indexes are weighted, in which the first class indicator includes four factors, that is, ecology system, economic system, population system, and policy management system. Results showed that the factor of eco-efficiency was the greatest weight factor, being about 50% and the second one was economic development indicator, being about 30%. They matched the reality exactly. All of them lay the basis and foundation for the post-period plan in the region.

Keywords: analytic hierarchy process; converting farmland into forest/ grassland; sustainable development; assessment

退耕还林(草)即从保护和改善生态环境出发,将易造成水土流失的坡耕地和易造成土地沙化的耕地,有计划、有步骤地停止继续耕种,本着宜林则林、宜草则草的原则,因地制宜地造林种草,恢复植被^[1],是国家针对一些区域(特别是西部地区)日益严重的生态环境问题和水土流失危害的形势下所采取的一项重大举措。很显然,退耕还林可持续发展是国家退耕还林还草工程的首要追求目标,对退耕区可持续发展的追求应是评价退耕项目成功与否的重要因素。尽管目前国内外对森林可持续经营评价的研究比较多,但是系统地应用层次分析法对退耕还林可持续发展

影响因子评价的研究还不多见,本研究中可持续发展影响因素必须定性与定量相结合,并逐步由定性走向定量。按照影响退耕还林持续性效益因素抽象出可以量化的系统评价指标,其具体任务是建立一套退耕还林可持续发展影响因素评价指标体系和评价方法,通过系统评价来检测区域退耕还林发展水平,衡量退耕还林可持续发展的能力,为区域可持续发展提供辅助决策服务。

退耕还林可持续发展支撑体系的指标评价是对陕北经济、生态、人口、政策和管理系统发展状况进行综合评价与研究的依据和标准,4者既相对独立又相

收稿日期: 2010-03-25

修回日期: 2010-05-20

资助项目: 陕西省教育厅专项科研计划项目“陕北地区退耕还林(草)支撑体系研究”(1110024),“新兴资源型地区农村产业结构优化研究:以榆林为例”(09JK311); 陕西省科技厅研究计划项目“陕西能矿资源富集区农村产业结构优化及可持续发展研究”(2009KRM049),榆林矿区沉陷地生态恢复重建模式研究(2010JM5015); 陕西省社科联项目“陕北退耕还林还(草)工程管理模式创新研究”(2010Z059)

作者简介: 张晓(1965—),男(汉族),陕西省榆林市人,副教授,博士,主要研究方向为农业经济。E-mail: zx650428@126.com。

互作用,只有各支撑因子协调发展时,其发展才是可持续的。本文根据退耕还林持续性效益的主要影响因素,在设定多层次指标体系的基础上,采用AHP法对退耕还林生态、经济、人口、社会可持续性进行评价,以确定影响退耕还林可持续性效益的主要因素,构建新时期退耕还林还草工程可持续发展的支撑体系,为促进陕北地区的社会、经济和生态效益的协调增长及生态环境建设提供科学、可靠的决策依据。

1 层次分析法在陕北退耕还林(草)可持续发展影响因素评价中的应用

1.1 评价指标选取的依据

层次分析法(analytic hierarchy process),简称AHP,是由美国运筹学家、匹兹堡大学教授T. L. Saaty于20世纪70年代提出的一种对较为模糊或较为复杂的决策问题使用定性与定量分析相结合的手段做出决策的方法。它是将与评价决策有关的元素分解成目标、准则、指标等层次,在此基础上进行定性和定量分析的评价决策的权重分析方法^[2-4]。AHP法的基本原理就是把要研究的复杂问题看作一个大系统,通过对系统的多个因素的分析,划分出各因素相互联系的有序层次;再请专家对每一层次各因素进行客观的判断后,给出相对重要性的定量表示,建立数学模型,计算出每一层次全部因素的相对重要性的权数并加以排序;最后根据排序结果进行规划决策和选择解决问题的措施^[5-9]。

在研究影响陕北退耕还林(草)可持续发展因子评价时,建立科学合理的评价指标体系关系到评价结果的精确性。陕北退耕还林的发展约有10 a时间,想要依靠前人在本系统上的研究成果来进行评价研究,显然远远不够。退耕还林(草)的可持续发展的实质就是退耕还林的可持续经营,所有应借鉴森林可持续经营评价的有关指标和标准来选择退耕还林(草)系统可持续发展的评价指标^[7]。

通过搜集国内外生态林业工程效益及可持续发展研究方面的文献,认真分析蒙特利尔行动纲要,国际热带木材组织等的标准和指标,国内“长江中上游防护林体系生态经济效益评价技术研究”,“黄土高原水土保持森林体系综合效益研究”,水源涵养林可持续经营评价指标体系以及退耕还林效益相关研究论文等文献,结合退耕还林系统的环境背景特征及我国退耕还林建设的目的和区域生态环境状况,尽可能多地搜集评价指标,构建可持续性评价指标体系,提出评价指标体系应由总体层、系统层和要素层3个等级^[8]。本研究建立了生态指标、经济指标、人口和政

策管理指标等作为一级指标,20多项因子作为评估因子的评价指标体系,最终得到退耕还林(草)系统可持续发展评价的一般指标体系,找出了主要限制因素,并构建支撑体系。

1.2 指标的分类和确定

依据退耕还林(草)工程的目标,结合陕北的实际情况,建立影响陕北退耕还林可持续性发展因子评价指标体系。指标体系是对退耕还林可持续发展状况进行综合评价与研究的依据和标准,必须综合反映环境、经济、人口、政策、管理等系统复杂内容。因此,指标体系应包括生态系统指标、经济系统指标、人口系统指标和政策管理系统指标。经过综合运用理论分析、频度统计、调查筛选合适的指标,再结合专家咨询方法及实地调查筛选确定指标。评价指标体系包括生态、经济、人口、政策管理4个方面的要素层指标^[9]。

(1) 经济指标。该指标主要包含改变原有的生产方式,建立新的经济结构,探索新的提高收入途径的后续产业产业结构、劳动力结构等因子,主要包括农民人均纯收入、人均粮食产量、产业结构指标、恩格尔指数、经济成分多元化指数。

(2) 生态指标。该指标主要包含用来反映陕北的气候条件、水分、温度等自然条件环境状况的生态系统完好度、林种结构指数、森林覆盖率、土壤侵蚀模数、林种结构指数、退耕指数。

(3) 人口指标。这类指标主要是概括区域农业人口的数量、结构、质量及其在有限的自然和社会资源条件下对生态系统发展的支撑和压力水平,主要包括人口密度、第一、二、三产业从业人数占总人口比例、人均林地指数、人均耕地指数、外出劳务人员占农村人口比重。

(4) 政策管理指标。该指标属定性指标,主要包含退耕还林(草)管理条例的执行程度、公众参与退耕还林管理的程度、退耕还林工程管理模式的效益、生态效益补偿制度的落实程度。

1.3 指标体系的构成

根据生产实践和综合国内外最新研究成果^[10-11],建立退耕还林可持续发展影响因素评价指标体系,指标体系分为3层:目标层(A)、准则层(B)和指标层(C)。

第1层是目标层(A),指退耕还林可持续发展水平;第2层是准则层(B),包括经济指标、生态指标、人口指标、政策与管理模式指标;第3层是指标层(C)。为选取有效的评价指标,本文根据特尔菲法,对众多因子进行分析,筛选出20个参评因子构成可持续发展影响因素综合评价的指标体系(表1)。

表 1 影响陕北退耕还林(草)可持续发展因素评价指标体系层次结构

目标层(A)	准则层(B)	指标层(C)	指标解释
陕北地区退耕还林(草)可持续发展影响因素评价指标体系(A)	经济 指标 (B ₁)	农民人均纯收入 C ₁₁ (元/人)	农民人均总收入-农民人均各项费用性支出。该指标越大越好,尤其是提高林业经济收入。
		人均粮食产量 C ₁₂ (kg/人)	粮食总产量/总人口。相对而言,退耕还林区的耕地面积越小越好,可耕作的地区要挖掘潜力,提高人均粮食产量。
		产业结构指标 C ₁₃ / %	一、二、三产业产值的百分比。调整产业结构,增大林业经济产业的发展比例,延长林产品深加工产业链。
		恩格尔指数 C ₁₄ / %	食物消费支出金额/总消费支出金额×100%。该指标越小越好。
		经济成分多元化指数 C ₁₅ / %	非公有经济成分/公有经济成分。经济成分多元化的发展有利于促进退耕还林区经济的整体发展。
	生态 指标(B ₂)	生态系统完好度指标 C ₂₁ / %	1- 自然灾害发生面积/区域土地总面积。该指标越大越好。
		林分结构指数 C ₂₂ / %	混交林面积/区域森林总面积。该指标越大越好。
		林种结构指数 C ₂₃ / %	1-(现有各林种面积和/规划后各林种面积)/100。林种结构适宜,会使森林生态系统产生较大的系统功能。若林种结构不合理,往往会影响森林 3 大效益的正常发挥,影响系统的持续发展。
		森林覆盖率 C ₂₄ / %	森林面积/区域土地总面积。该指标越大越好。
		土壤侵蚀模数 C ₂₅ / (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	土壤侵蚀模数(即单位面积每年流失的泥沙量)。该指标越小越好。
		退耕指数 C ₂₆ / %	1- 具有明显土壤侵蚀的坡耕地面积/退耕总面积。该指标越大越好。
	人口 指标 (B ₃)	人口密度 C ₃₁ / (人·km ⁻²)	总人口/土地总面积。该指标越小越好。
		第一、二、三产业从业人数占总人口比例 C ₃₂ / %	第一、二、三产业从业人数/农村从业人数。该指标越大越好。
		人均林地指数 C ₃₃ (hm ² /人)	区域有林地总面积/区域总人口。该指标越多越好。
		人均耕地指数 C ₃₄ (hm ² /人)	区域耕地总面积/区域总人口。该指标越少越好。
		外出劳务人员占农村人口比重 C ₃₅ / %	外出劳务人数/农村总人数。该指标越大越好。
政策 管理 指标 (B ₄)	退耕还林管理条例的执行程度 C ₄₁	定性指标-政府工作报告。贯彻落实退耕还林政策和管理条例越彻底越好。	
	公众参与退耕还林管理的程度 C ₄₂	定性指标-走访调查。公众参与退耕还林管理的程度越高越好。	
	退耕还林工程管理模式效益 C ₄₃	定性指标-走访调查。该指标越高越好。	
	生态效益补偿制度的落实程度 C ₄₄	应发的生态效益补偿金/实际发的生态效益补偿金。该指标越高越好。	

1.4 构造判断矩阵及指标权重的确定

任何体系分析都以一定的信息为基础,AHP法的信息分析基础主要是人们对每一层次各因素的相对重要性给出判断,这些判断用数值表示出来,写成矩阵形式就是判断矩阵。构造判断矩阵是AHP法的关键一步(见表2)。

表 2 判断矩阵

A _k	B ₁	B ₂	...	B _n
B ₁	b ₁₁	b ₁₂	...	b _{1n}
B ₂	b ₂₁	b ₂₂	...	b _{2n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
B _n	b _{n1}	b _{n2}	...	b _{nn}

假设 A 层中因素 A_k 与下一层次中因素 B₁, B₂, ..., B_n 有联系,其总权重为 a_{kj}, 因素 B₁ 相对于 A_k 单权重为 b₁₁, 首先通过专家评议,确定出 B_i, 相对于 B_j 的相对重要性的比值 b_{ij}, 其具体确定方法是:对评价指标体系中的每一层次各因素的相对重要性用数值形式给出判断,并写成矩阵的形式(表3)

任何判断矩阵都应满足 $b_{ij} = \frac{1}{b_{ji}}$ (i, j = 1, 2, n)。

通常由知识经验丰富、判断力强的若干专家,采用 Delphi 法构造判断矩阵。Delphi 法是一种向专家反复咨询,收集意见,进行预测的方法。它可克服专家会议法中专家代表不足,收集意见的时间仓促,易受权威专家的影响,只能利用一次性征询意见等缺点^[4]。

1.5 判断矩阵的一致性检验

1.5.1 层次单排序及一致性检验 层次单排序是根据判断矩阵计算对于上一层次某元素而言,本层次与之有联系的元素重要次序的权值是本层次中所有元素对于上一层次而言进行重要性排序的基础,是指计

算判断矩阵的最大特征根和相应的特征向量。

设 λ_{\max} 为判断矩阵 A 的最大特征值,引入一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$,同时引入随机一致性指标 RI,表 4 为 RI 的部分值。

表 3 判断矩阵标度及其含义

标度 a_{ij}	含义
1	表示 2 个因素相比,具有同样重要性
3	表示 2 个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示 2 个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	表示 2 个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示 2 个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	为上述相邻判断的中值
倒数	a_{ij} 表示因素 i 与因素 j 比较的结果,因素 j 与因素 i 比较则为其倒数 $1/a_{ij}$

表 4 随机一致性指标(部分 RI 值)

n 值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI 值	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

当 $n \geq 3$ 时,把 CI 与 RI 之比定义为一致性比率,由于 1, 2 阶正互反矩阵总是一致矩阵,故 $RI = 0$,此时定义 $CR = 0$;当 $CR < 0.10$ 时,即认为判断矩阵具有满意的一致性,否则,则需调整判断矩阵直到具有满意的一致性为止。从表 2—4 可知,矩阵 A—B 的排序有满意的一致性,排序结果是可靠的。

1.5.2 层次总排序及一致性检验 层次总排序就是计算 C 层对 A 层的相对重要性排序,实际上是层次单排序的加权组合,另外也需要检查整个阶梯层次模型的判断一致性。通过层次总排序计算出每 1 个评价指标相对于总目标层的权重值,由各层的权重系数,逐级相乘可求得指标对目标层的权重(表 5)。

2 陕北地区退耕还林(草)可持续发展影响因素评价结果与分析

在项目调研数据,2009 年政府工作报告,榆林市、延安市统计资料基础上,咨询退耕还林专家以及专业意见综合权衡后得出的打分。

在(表 2—3)的判断矩阵中,进行具体指标之间的两两比较。其中,定性指标通过专家打分法进行:邀请榆林市政府、延安市政府、西北农林科技大学林业生态学界生产、管理、科研等不同领域 14 名专家,对每个判断矩阵中各元素的重要性进行两两比较,根据专家评分的统计结果,整理得到退耕还林可持续发展的 20 个评价因子的 $A - B, B_1 - C_{1i}, B_2 - C_{2i}, B_3 - C_{3i}, B_4 - C_{4i}$ 判断矩阵,求出每一评价单元的各

指标权重(表 5)。一致性指标为:

$$CR = \frac{\sum_{i=1}^n a_i CI_i}{\sum_{i=1}^n a_i RI_i} = 0.0254 / 0.7820 = 0.0325 < 0.1$$

可见,层次排序的结果具有足够的一致性。

2.1 层次总排序结果与分析

由表 5 层次总排序可知,构成影响退耕还林可持续发展影响因素评价指标体系的 20 个因素中,权重排序前 7 名的依次为:生态系统完好度指标、退耕指数、土壤侵蚀模数、农民人均纯收入、林分结构指数、林种结构指数、产业结构指标。可见,陕北退耕还林可持续发展的影响因素主要集中于生态指标方面,其次是经济指标、人口指标、政策与管理指标。生态、经济、人口、政策与管理层的权重分别为:0.475, 0.298, 0.137, 0.009, 这意味着影响退耕还林可持续发展综合效益因子中,生态效益影响因素所占的比重最大,接近了 50%;其次为经济发展指标接近 30%,说明生态因素是退耕还林可持续发展影响因素中的重中之重;其次为经济因素。这与陕北实施退耕还林工程的现实正好符合,说明分析结果与陕北实际情况基本一致,证明该模型评价体系是正确的和可信的。

2.2 层次单排序结果与分析

由表 5 层次单排序可知,构成退耕还林可持续发展影响因素评价指标体系的 20 个因素中,权重排序前 4 位的有:农民人均纯收入、产业结构指标、生态系统完好度指标、人口密度。说明分析结果与陕北实际情况基本一致。

表5 陕北地区退耕还林可持续发展影响因素评价指标权重值

目标层 (A)	准则层 (B)	指标 层(C)	权重(W 单排序)	权重(W 总排序)	序值
陕北地区 退耕还林(草) 可持续发展 影响因素 评价指标 评价 (A)	经济指标 B_1 (0.298)	C_{11}	0.241	0.072	4
		C_{12}	0.128	0.038	12
		C_{13}	0.225	0.067	7
		C_{14}	0.218	0.065	8
		C_{15}	0.188	0.056	9
	生态指标 B_2 (0.475)	C_{21}	0.236	0.112	1
		C_{22}	0.147	0.070	5
		C_{23}	0.145	0.069	6
		C_{24}	0.095	0.045	11
		C_{25}	0.168	0.080	3
		C_{26}	0.209	0.099	2
	人口指标 B_3 (0.137)	C_{31}	0.387	0.053	10
		C_{32}	0.251	0.034	13
		C_{33}	0.081	0.011	17
		C_{34}	0.167	0.023	14
		C_{35}	0.114	0.016	16
	政策管理指标 B_4 (0.090)	C_{41}	0.250	0.023	15
		C_{42}	0.250	0.023	15
		C_{43}	0.250	0.023	15
		C_{44}	0.250	0.023	15

3 结论

(1) 从层次总排序结果可知,构成影响退耕还林可持续发展影响因素评价指标体系的20个因素中,权重排序前7名的依次为:生态系统完好度指标、退耕指数、土壤侵蚀模数、农民人均纯收入、林分结构指数、林种结构指数、产业结构指标。因此,陕北退耕还林可持续发展的影响因素主要集中于生态指标方面,其次是经济指标、人口指标、政策与管理指标。这与陕北实施退耕还林工程的现实正好符合,说明分析结果与陕北实际情况基本一致,证明该模型评价体系是正确的、可信的。

(2) 从层次单排序结果可知,构成退耕还林可持续发展影响因素评价指标体系的20个因素中,权重排序前4位的有:农民人均纯收入、产业结构指标、生态系统完好度指标、人口密度。说明分析结果与陕北实际情况基本一致。从而,可构建一个包括技术、经济、人口、政策与管理模式创新在内的“四轮驱动”的支撑体系模型,为当前退耕还林(草)工程的顺利、合

理的推进和可持续发展提供重要的决策参考信息。

(3) 层次分析法突出的优点是可以尽量减少主观因素的影响,将复杂问题的各个因素通过划分相互联系的有序层次使之条理化,较客观地判断给予每一层次各评价因素相对重要性的定量表示。同时判断矩阵偏离客观实际的程度由随机一致性比率显示,判断矩阵认为不满意,则可调整到直至取得具有满意的一致性为止。层次分析法对陕北黄土高原地区退耕还林可持续发展影响因素评价指标权重的确定结果基本符合陕北的实际,可以为解决陕北地区退耕还林(草)可持续发展影响因素评价中分配各个评价因子的权重提供行之有效的技术方法,同时为构建退耕还林可持续发展支撑体系提供一种有效的判断依据。

[参考文献]

- [1] 支玲,刘俊昌,华春.退耕还林(草)的含义与实施基础的研究[J].世界林业研究,2002,15(6):69-75.
- [2] 朱庆芳,吴寒光.社会指标体系[M].北京:中国社会科学出版社,2001:22-30.
- [3] 王珠娜,史玉虎,潘磊,等.层次分析法在退耕还林生态效益评价指标体系建立中的应用[J].湖北林业科技,2007,145(3):1-4.
- [4] 马立平.层次分析法[M].北京:北京统计出版社,2000:38-39.
- [5] 郑德祥,陈平留.层次分析法在防火树种选择中的应用[J].北华大学学报,2000,1(5):443-446.
- [6] 孙霞,文启凯,尹林克,等.层次分析法在塔里木河中下游退耕适宜性评价中的应用[J].干旱区资源与环境,2004,18(6):73-74.
- [7] 费世民,王鹏.退耕还林与可持续经营[J].四川林业科技,2001,22(1):6-10.
- [8] 宋富强,杨改河,冯永忠.黄土高原不同生态类型区退耕还林(草)综合效益评价指标体系构建研究[J].干旱地区农业研究,2007,5(3):169-174.
- [9] 高海清.陕北地区退耕还林(草)可持续发展支撑体系研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2009:44-53.
- [10] 余波.退耕还林(草)系统可持续发展评价理论与方法研究[D].四川雅安:四川农业大学,2004:33-35.
- [11] 宋富强.黄土高原退耕还林(草)综合效益评价指标体系研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2007:33-40.