

宁南山区退耕还林还草效益评估研究

米文宝^{1,2}, 樊新刚³, 谢应忠¹

(1. 宁夏大学草业科学研究所, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学资源环境学院, 宁夏 银川 750021;
3. 宁夏大学科学技术处, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 从生态发展与区域自然、社会、经济复合协调的系统角度出发, 建立分层评价指标体系, 借鉴相关专家的研究成果推算直接测量比较困难的部分数据, 并在总结目前生态效益评价定量方法的基础上, 利用主成分分析法计算了近 5 年来宁南山区退耕还林还草产生的效益。结果表明, 宁南山区退耕还林还草工程 2004 年发挥的效益是 2000 年的近 2.2 倍, 各年的平均增长率都达到 50% 左右, 生态效益逐步发挥, 从时间序列上呈积累式增加趋势。

关键词: 宁南山区; 退耕还林还草; 效益评估

中图分类号: S 181 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008) 01-0118-07

退耕还林还草是我国目前正在实施的一项生态建设工程, 计划从 2001 年到 2010 年, 用 10 年时间退耕还林还草 1 470 万 hm^2 , 工程完成后, 25° 以上的陡坡耕地基本上全部退耕还林还草。截至目前, 退耕还林还草工程已实施 5 年多, 效益逐步显现, 为及时、准确地反映该工程对生态环境变化、经济和社会发展的影响, 必须开展工程效益监测工作, 从而得到科学、全面的监测结果。监测结果将有效地指导退耕还林还草工程向更健康、更科学的方向发展, 同时也为决策部门提供可靠的科学依据。笔者以宁南山区为研究区域, 分析探讨了该区域退耕还林还草 5 年来的综合效益。

1 研究区概况

宁南山区地处宁夏回族自治区南部, 我国黄土高原西北端, 面积 30.5 万 km^2 , 占全区总面积的 58.9%, 包括 8 个县区, 即固原市所属 4 县 1 区(原州区, 彭阳县, 西吉县, 隆德县, 泾源县)、吴忠市所属 2 县(盐池, 同心)和中卫市的海原县。事实上, 传统意义的宁南山区只包括除盐池、同心外的其它 6 个县。本研究考虑到研究区域的典型性及空间连续性, 使用的是传统意义上的宁南山区。该地区基本上属于温带大陆性干旱与半干旱、半阴湿气候, 年降水量约 186~675 mm, 95% 的地区年均降水量小于 450 mm, 属于黄土高原向干旱风沙区的过渡地带, 为我国北方农牧交错生态脆弱带的一部分, 生态环

境稳定性差。由于历史上的不合理开发, 致使水资源匮乏, 水土流失、沙漠化严重, 生态环境遭到极大破坏。生态问题已严重影响该地区的社会经济发展, 使其成为我国北方典型的贫困地区之一。

2 研究方法

目前, 生态恢复效益定量评价方法相对定性方法来讲, 应用并不广泛, 但经过相关工作者的不断努力, 定量分析已成为一种发展趋势。目前, 常用的定量评价方法主要有层次分析法(AHP)、主成分分析法(PCA)、均方差决策权法、回归分析法、模糊评判法、密切值法、灰色关联度法、综合指数法等。还有就是用货币额表示的(如价值法、效益法、效能法等)评价方法, 运用这些方法评价生态恢复效益已有较多应用^[1~9]。本文利用主成分分析法(PCA)分析宁南山区退耕还林还草效益, 主成分分析法(PCA)又称主组元分析、主分量分析, 是用损失少量信息(小于总信息量的 15%)来换取减少变量的一种方法。其优点是将复杂的多维空间变换为简单的低维空间, 通过个别主导因子对复杂系统做出综合评价^[10]。

3 评价过程

3.1 指标体系的建立

3.1.1 指标体系建立的依据 生态恢复就是要通过对已遭到破坏生态环境的修复和重建, 来实现经

济、社会发展与生态系统良性循环间的动态耦合,促使生态系统向着生态稳健、社会进步、经济繁荣,系统各因素和谐进化的方向演替,即实现生态发展。建立动态耦合关系要求研究者必须对生态恢复效益系统的内涵有充分的理解。生态恢复本身是一种生产实践,对其效益的理解必须与实践相结合。因此,宁南山区退耕还林还草效益评价指标体系建立的总原则应是与当地的实际社会、经济、生态发展情况相结合,从区域自然、社会、经济复合生态系统出发,以生态发展为主旨,制定相应体系。

首先,考虑到宁南山区区域内气候类型多样、地形复杂以及社会经济发展相对周边地区落后、独特,区域整体尺度的研究不可能做到面面俱到而又完全准确,因此,笔者选择的部分指标,尤其是生态效益的指标体系都是从宏观角度出发,反映当地的平均水平或整体数量,以突出退耕还林还草效益的总体特征。其次,每年都有新的退耕还林还草地增加,使退耕林草产生效益的规模、数量逐步扩大,以往退耕后的林草地在生长过程中也累积性地发挥效益。因此,笔者从时间序列角度进行纵向比较,以反映退耕还林还草 5 年来的效益变化。第三,社会经济发展受多种因素的制约,由于宁南山区退耕时间相对较短,对当地社会经济发展的推动作用与其它因素较难区别,因此,笔者选择的指标体系从两方面出发,一部分指标反映退耕带来的直接经济效益,如退耕补偿粮款的数额;一部分则从区域经济社会整体发展变化的角度进行衡量,如 GDP 的变化等。还应说明的是,评价指标体系的确定从总体上要反映区域生态发展的状况和趋势。

3.1.2 指标体系的建立 借鉴前人关于生态恢复效益评价指标的论述^[3,6,11],退耕还林还草工程的效益分为生态效益、经济效益和社会效益,依此建立评价指标体系(见表 1);指标体系分为目标层、制约层、要素层和指标层 4 个等级。目标层:表征区域生态系统的总体运行状态,反映退耕还林还草的综合效益变化。制约层:从生态效益、经济效益和社会效益 3 个方面反映退耕还林还草的效益。要素层:反映退耕后生态系统状态的关系、变化等。指标层:采用可以获得的指标及指标群,对变量层的表现给予直接度量。

3.2 原始数据处理

表 1 中除林地蓄水量(D₃)、草地蓄水量(D₄)、退耕还林还草 CO₂ 固定量(D₈)及 O₂ 释放量(D₉)参照以下方法计算外(计算结果为逐年累积面积产生的结果),其它数据均来源于 2000~2004 年宁夏统计年

鉴。

3.2.1 林地水源涵养量(D₃)和草地水源涵养量(D₄) 宁南山区平均降水量为 518.61 mm,除泾源县为半阴湿山区外,其它地区平均降水量为 496.57 mm(见表 2)。

据刘康研究^[13],我国森林平均蒸发量占降水量的 30%~80%,延安市宝塔区年均降水量为 414.9 mm,其在计算时取值为 70%,宁南山区除泾源县外均为半干旱黄土高原区,在经纬度上更偏向于西北内陆地区,蒸发量较延安大一些,因此,取 75%。而泾源县地处六盘山半阴湿地区和黄土高原半干旱区域边缘,降水量大,蒸发量相对较小,取 60%。利用水量平衡原理可推出宁南山区退耕还林林地水源涵养量的计算公式如下:

$$R_1 = (1 - 75\%) \times P_1 \times S_1$$
$$R_2 = (1 - 60\%) \times P_2 \times S_2$$
$$R_T = R_1 + R_2$$

式中:R₁ 为除泾源县外 5 县退耕还林林地水源涵养量;P₁ 为除泾源县外 5 县的年平均降水量;S₁ 为除泾源县外 5 县的退耕还林面积;R₂ 为泾源县退耕还林林地水源涵养量;P₂ 为泾源县年均降水量;S₂ 为泾源县退耕还林面积;R_T 为宁南山区退耕还林林地水源涵养总量,结果见表 3。

我国草地一般蒸发量占降水量的 85%^[13],利用如下水平衡原理公式计算:

$$R_V = (1 - 85\%) \times P \times S_g$$

式中:R_V 为宁南山区退耕草地水源涵养量;P 为宁南山区年均降水量;S_g 为宁南山区退耕还草面积,结果见表 4。

3.2.2 CO₂ 固定量(D₈)和 O₂ 释放量(D₉) 周广胜认为^[13],我国针阔混交林的净第一性生产力(NPP)约为 6.3~8.2t DM/(hm²·a),落叶阔叶林为 7.3~9.0t DM/(hm²·a)。宁南山区地处我国针阔混交林分布地带的西北内陆地区,退耕还林主要种植以针阔混交林类型为主的树种,因此,净第一性生产力值取 6.3t DM/(hm²·a);退耕前的土地利用方式主要为耕地,必须用林地减去耕地的 CO₂ 固定量和 O₂ 释放量才能真实地反映退耕还林工程效益量;据许红梅^[14]在中科院安塞水土保持试验站的试验结果,该地区播种农作物耕地的净第一性生产力平均为 3.57t DM/(hm²·a)。宁南山区地处黄土高原北部边缘地带,其气候类型、农作物产量等因素与陕北安塞相同,因此,两者净第一性生产力基本相等。

根据光合作用方程,植物每生产 162g 干物质

可吸收固定 264 g 的 CO₂, 即每生产 1 g 干物质需 1.63 g 的 CO₂, 同时释放 1.19 g 的 O₂。因此, 根据净第一性生产力理论可以计算出退耕林年生产干物质的量, 然后再根据光合作用方程计算出 CO₂ 固定量和 O₂ 释放量, 公式如下:

$$M_{CO_2f} = (NPP_f - NPP_c) \times S_f \times 1.63$$

$$M_{O_2f} = (NPP_f - NPP_c) \times S_f \times 1.19$$

式中: M_{CO_2f} 为 CO₂ 固定量; M_{O_2f} 为 O₂ 释放量; NPP_f 为森林净第一性生产力(干物质量); NPP_c 为耕地净第一性生产力(干物质量); S_f 为退耕还林面积, 结果见表 5。

表 1 生态恢复效益综合评价指标体系

Table 1 The index system assessing the ecological restoration

目标层 Target	制约层 Factor	要素层 Element	指标层 Index
生态恢复效益 综合评价指标体系 The index system of assessing the ecological restoration	生态效益 Ecological benefit	涵养水源 Water resources conservation	森林覆盖率 D ₁ Forest coverage
			草地覆盖率 D ₂ Grass coverage
			林地蓄水量 D ₃ Forest land water storage
			草地蓄水量 D ₄ Grass land water storage
		水土保持 Soil and water conservation	侵蚀面积占区域面积百分比 D ₅ Erosion area in the region
			土壤侵蚀模数 D ₆ Soil erosion modulus
		改良土壤 Soil amendment	退耕还林还草面积 D ₇ Area of the ecological restoration
			退耕还林还草 CO ₂ 固定量 D ₈ Carbon dioxide storage of the ecological restoration
		改善环境 Environment improve ment	退耕还林还草 O ₂ 释放量 D ₉ Oxygen release quantity of the ecological restoration
	社会效益 Social benefit	可量化社会效益指标 Index of quantitatively described social benefit	儿童入学率 D ₁₀ Enroll ment rate of infants
			劳务输出总收入 D ₁₁ Gross income of labor exports
		潜在社会效益指标 Index of potential social benefit	恩格尔系数 D ₁₂ Engel 's coefficient
	经济效益 Economic benefit	直接经济效益 Direct economic benefit	林牧业所占比重 D ₁₃ Forestry and herd income of the GDP
			人均纯收入 D ₁₄ Net income per capita
			人均 GDP D ₁₅ GDP per capita
			退耕粮款总额 D ₁₆ Amount of the fund of converting slope farmland into forestland and grassland
		间接经济效益 Indirect economic benefit	第三产业值 D ₁₇ Out put value of the tertiary industry

表 2 宁南山区各县多年平均降雨量

Table 2 The average rainfall in the mountain area of southern Ningxia

项 目 Item	原州区 Yuanzhou district	海源县 Haiyuan count y	西吉县 Xiji count y	隆德县 Longde count y	彭阳县 Pengyang count y	平均值 Average value	泾源县 Jingyuan count y
降雨量 (mm) Rainfall	478.2	403.2	434.7	553.3	613.4	496.6	650.9

表 3 宁南山区退耕还林水源涵养量

Table 3 Self restraint amounts of source of water of the conversion cropland to forest in the mountain area of southern Ningxia						
年份 Year	宁南山区退耕 总面积(hm ²) Total area of conversion of cropland to forest	泾源县退耕 面积(hm ²) Area of conversion of cropland to forest	除泾源外 退耕面积(hm ²) Area of conversion of cropland to forest , except Jingyuan county	除泾源外累计 涵养量(m ³) Accumulative total self restraint amount of sources of water , except Jingyuan county	泾源累计 涵养量(m ³) Accumulative total self restraint amount of sources of water in Jingyuan county	D ₃ 林地水源 累计涵养量合计(m ³) D ₃ accumulative total amount of self restraint amount of sources of water
2000	13333.33	2266.67	11066.67	13738505.36	5902429.51	19640934.87
2001	14000.00	1420.00	12580.00	29355709.94	9600128.00	38955837.94
2002	36333.33	2846.67	33486.67	70927102.97	17012885.06	87939988.03
2003	58666.67	3933.33	54733.33	138874771.04	27255336.28	166130107.31
2004	22333.33	2333.33	20000.00	163703395.18	33331366.66	197034761.84

表 4 宁南山区退耕还草水源涵养量

Table 4 The amount of self restraint amount of sources of water in the conversion of cropland to grassland in the mountain area of southern Ningxia									
年份 Year	种草面积 Area of glassland (hm ²)						种草总 面积(hm ²) Tatal area of grassland	累计面积(hm ²) Accumulative total area of grassland	D ₄ 草地水 源涵养总量(m ³) D ₄ self restraint amounts of sources of water
	原州区 Yuanzhou district	彭阳县 Pengyang county	泾源县 Jingyuan county	西吉县 Xiji county	海原县 Haiyuan county	隆德县 Longde county			
2000	644.64	1166.67	2206.67	24540.00	—	4360.00	32917.97	32917.97	25607710.77
2001	531.73	1326.67	2933.33	24886.67	5933.33	4660.00	40271.73	73189.70	56936094.48
2002	2043.40	4046.67	1466.67	25306.67	11266.67	4053.33	48183.40	121373.10	94419160.60
2003	2043.40	3926.67	3946.67	23453.33	21066.67	2680.00	57116.73	178489.80	138851689.08
2004	2043.40	5466.67	9773.33	20253.33	26666.67	3926.67	68130.07	246619.90	191851763.67

表 5 宁南山区退耕还林CO₂固定量及O₂释放量

Table 5 The amount of absorbing CO ₂ and releasing O ₂ in the conversion cropland to forest in the mountain area of southern Ningxia			
年 份 Year	退耕还林累计面积(hm ²) Accumulative total area of forest	CO ₂ 固定量(t) Amount of absorbing CO ₂	O ₂ 释放量(t) Amount of releasing O ₂
2000	13333.33	59332.00	43316.00
2001	14000.00	121630.60	88797.80
2002	36333.33	283310.30	206833.90
2003	58666.67	544371.10	397424.30
2004	22333.33	643752.20	469978.60

据实地测量,宁南山区紫花苜蓿的鲜草产量平均达 75 000 kg /hm² 左右。据赵全仁等的试验结论,宁南山区紫花苜蓿的干鲜比平均约为0.254^[3],由此得出紫花苜蓿的净第一性生产力约为:19.05 t DM/(hm²·a)。宁南山区退耕前的土地利用类型为耕地,其净第一性生产力据许红梅的计算^[4],为3.57t DM/(hm²·a),根据以上条件,笔者计算了宁南山区退耕还草的O₂释放量和CO₂固定量,计算公式如下:

$$M_{CO_{2g}}=(NPP_f-NPP_c)\times S_g\times 1.63$$

$$M_{O_{2g}}=(NPP_f-NPP_c)\times S_g\times 1.19$$

式中:M_{CO_{2g}}为CO₂固定量;M_{O_{2g}}为O₂释放量;NPP_f为紫花苜蓿的净第一性生产力(干物质量);NPP_c为耕地净第一性生产力(干物质量);S_g为退耕还草面积,结果见表6。

最后,将林地、草地的CO₂固定量和O₂释放量加合,计算出宁南山区退耕还林还草CO₂固定量和O₂释放量的总值,结果见表7。

表 6 宁南山区退耕还草CO₂固定量及O₂释放量

Table 6 The amount of absorbing CO ₂ and releasing O ₂ in the conversion cropland to grassland in the mountain area of southern Ningxia			
年 份 Year	累计种草面积(hm ²) Accumulative total area of grassland	吸收CO ₂ 量(t) Amount of absorbing CO ₂	释放O ₂ 量(t) Amount of releasing O ₂
2000	32917.97	830599.3862	606388.509
2001	73189.71	1846752.039	1348242.286
2002	121373.11	3062534.861	2235838.334
2003	178489.84	4503727.039	3287997.041
2004	246619.91	6222812.217	4543034.686

表 7 宁南山区退耕还林还草CO₂固定量及O₂释放量

Table 7 The amount of absorbing CO ₂ and releasing O ₂ in the conversion cropland to grassland and forest in the mountain area of southern Ningxia		
年份 Year	D ₈ CO ₂ 固定量(t) D ₈ amount of absorbing CO ₂	D ₉ O ₂ 释放量(t) D ₉ amount of releasing O ₂
2000	889931.39	649704.51
2001	1968382.64	1437040.09
2002	3345845.16	2442672.23
2003	5048098.14	3685421.34
2004	6866564.42	5013013.29

3.2.3 D₁₂恩格尔系数 19 世纪德国统计学家恩格尔根据统计资料,对消费结构的变化得出一个规律:一个家庭收入越少,家庭收入中(或总支出中)用来购买食物的支出所占的比例就越大,随着家庭收入的增加,家庭收入中(或总支出中)用来购买食物的支出则会下降。推而广之,一个国家越穷,每个国民的平均收入中(或平均支出中)用于购买食物的支出所占比例就越大,随着国家的富裕,这个比例呈下

降趋势。恩格尔系数是根据恩格尔定律得出的比例数,是表示生活水平高低的一个指标。计算公式如下:

恩格尔系数=人均食物消费金额/人均消费总金额
依据以上公式计算,结果见表 8。

表 8 宁南山区恩格尔系数变化

Table 8 The Engel's coefficient variety in the mountain area of southern Ningxia			
年份 Year	人均食物消费支出(Yuan) Per capita food consumes a disbursement	人均消费支出(Yuan) Per capita consumes a disbursement	D ₁₂ 恩格尔系数 D ₁₂ the Engel's coefficient
2000	532.60	854.01	0.62
2001	520.22	847.02	0.61
2002	492.86	943.08	0.52
2003	538.54	1122.17	0.48
2004	598.65	1228.02	0.49

通过查阅宁夏统计年鉴及计算,我们得到宁南山区 2000~2004 年各种评价指标的原始数据,如表 9 所示。

表 9 宁南山区退耕还林还草效益评价指标原始值

Table 9 The original data of the index assessing benefits of the conversion cropland to forest and grassland project in the mountain area of southern Ningxia									
年 份 Year	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	
2000	20.41	19.49	19640934.87	25607710.77	0.64	4816.67	46251.30	889931.39	
2001	20.95	20.69	38955837.94	56936094.48	0.62	4383.33	100523.04	1968382.64	
2002	22.19	22.85	87939988.03	94419160.60	0.59	4000.00	185039.78	3345845.16	
2003	24.70	25.28	166130107.31	138851689.08	0.55	3516.67	300823.17	5048098.14	
2004	30.11	27.24	197034761.84	191851763.67	0.51	2850.00	391286.58	6866564.42	
年 份 Year	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇
2000	649704.51	96.86	28480.10	0.62	0.34	927.76	1195.00	3430.00	81433.00
2001	1437040.09	97.19	25983.34	0.61	0.35	1034.36	1175.50	5412.87	90788.00
2002	2442672.23	97.98	36847.83	0.52	0.54	1168.24	1404.67	12811.48	115020.00
2003	3685421.34	98.32	44665.64	0.48	0.40	1262.01	1650.78	20126.66	135576.32
2004	5013013.29	98.86	51673.35	0.49	0.55	1362.00	1945.33	24402.04	148958.00

3.3 指标权重及综合得分的计算

对原始数据进行无量纲化处理后, 在 SPSS 软件上应用主成分分析程序, 对所选的指标进行相关分析, 各指标之间存在很高的相关性, 对它们进行综合评价, 适合于因子分析。对选取的 17 个指标进行

因子分析, 经正交旋转后, 前面 2 个主因子的累计方差贡献率已达到 97%, 代表了原始指标的绝大部分信息, 满足主成分分析的要求(表 10)。进一步计算, 可得主因子载荷矩阵。运用回归法计算, 得到因子得分矩阵(表 11)。

表 10 各因子贡献率
Table 10 Total variance explained

成分 Components	初始特征值 Initial eigenvalues			抽出后因子平方和负荷量 Extraction sums of squared loadings			旋转后因子平方和负荷量 Rotation sums of squared loadings		
	特征值 Total	所解释方差的比例 Variance (%)	累计百分比 Cumulative (%)	特征值 Total	所解释方差的比例 Variance(%)	累计百分比 Cumulative (%)	特征值 Total	所解释方差的比例 Variance (%)	累计百分比 Cumulative (%)
1	16.115	94.795	94.795	16.115	94.795	94.795	12.948	76.164	76.164
2	0.507	2.981	97.776	0.507	2.981	97.776	3.674	21.613	97.776

表 11 因子得分系数矩阵

Table 11 Component score coefficient matrix

成分 Components	1	2
D ₁	0.134	-0.135
D ₂	0.097	-0.054
D ₃	0.166	-0.192
D ₄	0.087	-0.036
D ₅	0.112	-0.085
D ₆	-0.082	0.026
D ₇	0.121	-0.102
D ₈	0.096	-0.053
D ₉	0.096	-0.053
D ₁₀	-0.025	0.186
D ₁₁	0.077	-0.017
D ₁₂	0.028	-0.183
D ₁₃	-0.548	1.188
D ₁₄	0.019	0.099
D ₁₅	0.118	-0.098
D ₁₆	0.096	-0.053
D ₁₇	0.065	0.008

注: 主成分分析抽取, 最大方差结合 Kaiser 标准化旋转方法。
Note: Principal component analysis extracted and varimax with kaiser normalization rotated method.

根据表 5, 得到下面的主成分得分函数:
$$Z_1 = 0.134x_1 + 0.097x_2 + 0.166x_3 + 0.087x_4 + 0.112x_5 - 0.082x_6 + 0.121x_7 + 0.096x_8 + 0.096x_9 - 0.025x_{10} + 0.077x_{11} + 0.028x_{12} - 0.548x_{13} + 0.019x_{14} + 0.118x_{15} + 0.096x_{16} + 0.065x_{17} \quad (1)$$
$$Z_2 = -0.135x_1 - 0.054x_2 - 0.192x_3 - 0.036x_4 + 0.085x_5 + 0.026x_6 - 0.102x_7 - 0.053x_8 - 0.053x_9 - 0.186x_{10} - 0.017x_{11} - 0.183x_{12} +$$

$$1.188x_{13} + 0.099x_{14} - 0.098x_{15} - 0.053x_{16} + 0.008x_{17} \quad (2)$$

将标准化后的数据代入(1) ~ (2) 式, 可得各个样本在两个主成分上的因子得分, 然后再根据 $F = \sum_{j=1}^m b_j Z_m = b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + \dots + b_m Z_m$, 求出各年的综合得分(见图 1)。

4 评价结果分析

由图 1 可见, 宁南山区退耕还林还草工程从 2000 年正式落实以来, 生态效益逐步发挥, 2004 年发挥的效益是 2000 年的近 2.2 倍, 各年的平均增长率都达到了约 50%, 总体呈快速增长趋势。这表明, 退耕还林还草工程效益的发挥具有累积性。首先, 当年恢复的植被会在其生长周期内逐年发挥效益, 之后几年不断增加的退耕植被又使总的植被量不断增大, 二者合一, 总效益会成倍增长。其次, 退耕林草在最初的几年里发挥的效益相对较小, 甚至其某些方面会出现一些负面的影响。例如, 刚种植的疏林地一般不具备水土保持能力, 还会增加水土流失的量。短期内大面积退耕往往使退耕还林(草) 户作为主要收入来源的农田种植效益消失, 一旦退耕补偿额过低则出现负效应现象。但是, 退耕几年后, 随着植被的快速生长以及耕作劳动力转移, 其综合效益会逐渐显现, 并会快速增长。

2002 年到 2003 年宁南山区退耕还林还草效益增长最快, 增长的分值为 1.74。增长主要是由于退耕面积在 2002 年达到了历史的最高峰, 数量极大, 当年退耕后恢复的植被产生的综合效益没有发挥出来, 到 2003 年才逐渐发挥出来。同时, 2003 年到 2004 年分值增加了 0.75, 相对于 2002~2003 年期

间降低了 0.99,这主要是由于 2003 年后退耕量快速减少造成的。

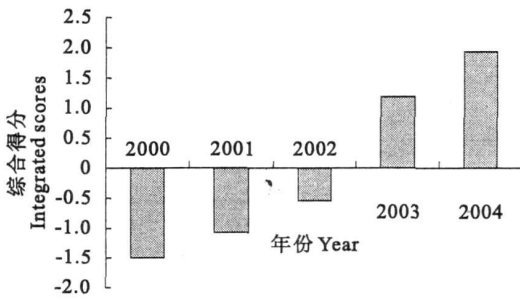


图 1 宁南山区退耕还林还草效益变化

Fig. 1 The benefits changing of the conversion of cropland to forest and grassland project in the mountain area of southern Ningxia

总之,2003 年至 2004 年间的增加分值表明今后宁南山区退耕还林还草在退耕数量不再增加情况下,原有退耕后种植林草发挥的效益增加的基本趋势(即随着时间推移,所种林草的生态效益、经济效益和社会效益逐年增加的趋势),平均增长率应在每年 50%左右。宁南山区退耕还林还草综合效益的发挥是随时间延续而逐渐实现的,一般 5~8 年后综合效益会明显表现出来,这与其它地区的研究及理论推断是一致的^[9]。

5 讨 论

不同学者常常从不同学科出发,在评价生态恢复工程的效益时,各自注重不同方面。生态学家往往只关注生态效益,经济学家则更多关注经济效益,社会学家侧重于社会效益,这样很难对生态恢复工程给出相对一致的评价结果。运用生态发展理论和区域自然—经济—社会复合生态系统理论构建评价指标体系,用主成分分析方法得出生态恢复的总体效益得分,并从时间序列进行分析,可以较为科学地评价生态恢复工程的综合效益,为生态恢复工程的决策提供依据。

但在评价中我们发现,运用主成分分析法分析其整体效益是不够的。首先,评分的模式往往得到一种模糊的结论,以分值的形式反映的模式使研究者感到有一种“不确切”的感觉,因为分值并不代表其效益的真实数量;其次,时间序列分析是一种相对性的分析,缺乏对效益的空间分析,使研究者所关心的更次一级尺度区域退耕效益无法明确;还有,退耕效益包括生态效益、经济效益和社会效益,总体效益

中哪一部分贡献相对较大也是人们所关心的,但通过以上方法计算,目前还无法做到这一点,需要用其它方法来补充。

生态恢复工程效益评价在今后的发展中,应注意从现实角度计算其“真实”价值,从生态服务功能价值角度的分析应具有发展前景;空间尺度变换在退耕还林还草效益评价中的作用显得越来越重要,时间序列应与空间尺度变换相结合才能全面地、有说服力地解决问题;生态、经济、社会效益三者的关系的定量分析也是迫切要解决的问题。

参 考 文 献:

- [1] 李志强,徐忠民,龙爱华,等.黑河流域张掖市生态系统服务恢复价值评估研究—连续型和离散型条件价值评估方法的比较应用[J].自然资源学报,2004,19(2):232—239.
- [2] 侯军岐,张社梅.黄土高原地区退耕还林还草效果评价[J].水土保持通报,2002,22(6):30—31.
- [3] 李忠锋,裴新富.皇甫川流域水土保持生态工程建设体系及效益评价[J].水土保持通报,2002,22(1):22—25.
- [4] 杨建波,王利.退耕还林生态效益评价方法[J].中国土地科学,2003,17(5):54—58.
- [5] 李蕾,刘黎明,谢花林.退耕还林还草工程的土壤保持效益及其生态经济价值评估——以固原市原州区为例[J].水土保持学报,2004,18(1):161—167.
- [6] 古丽努尔·沙布尔哈孜,尹林克,热合木都拉·阿地拉,等.塔里木河中下游退耕还林还草综合生态效益评价——以新疆生产建设兵团农二师 33 团为例[J].干旱区研究,2004,21(2):162—165.
- [7] 陈仲新,张新时.中国生态系统效益的价值[J].科学通报,2000,45(1):17—23.
- [8] 姚国庆,龙景芳,胡占林.用多准则二阶模糊决策对退耕还林项目的评价[J].内蒙古林业科技,2003,(增刊):27—29.
- [9] 王宏兴,王晓,杨秀英,等.多目标决策灰色关联投影法在小流域水土保持生态工程综合效益评价中的应用[J].水土保持研究,2003,10(4):43—45.
- [10] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002.84—88.
- [11] 周映梅.退耕还林(草)工程效益监测与评估技术[J].草业科学,2005,22(1):12—14.
- [12] 刘康.生态评价原理与应用[M].西安:西安地图出版社,2003.81—90.
- [13] 周广胜,张新时.全球气候变化的中国植被净第一性生产力研究[J].植物生态学报,1996,20(1):11—19.
- [14] 许红梅,贾海坤,黄永梅.黄土高原丘陵沟壑区小流域植被净第一性生产力模型[J].生态学报,2005,25(5):1064—1074.
- [15] 赵全仁,陈秉森,黄兴,等.半干旱地区紫花苜蓿新品种引进试验初报[J].宁夏农林科技,2005,(2):11—60.
- [16] 刘拓.生态效益应在 2008 年呈现[N].科学时报,2006—6—1, A1.

(英文摘要下转第 136 页)

Analysis on regional differences of water footprint in China in 2000 based on GIS

GAO Meng xu¹, REN Zhi yuan¹, GUO Bin¹, LI Xiao yan²

(1. College of Tourism and Environmental Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. Department of History and Culture, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723001, China)

Abstract : The article summarized the common methods of measuring water footprint currently, and analyzed synoptically the usual principle of calculating virtual water. The relationship of consumption of water footprint per capita and water use in provinces of China in 2000 is analyzed. With the help of statistical analytical software SPSS, a cluster analysis is made of consumption of water footprint per capita in provinces of China. In the end, based on GIS (Geographical Information System), a spatial distribution map is made and the consumption of water footprint per capita in 31 provinces of China are divided into five types. The result is that: only Guangxi's consumption of water footprint per capita is below $480 \text{ m}^3/\text{a}$; Sichuan, Guizhou, Jiangxi and Zhejiang are between $480 \sim 550 \text{ m}^3/\text{a}$; The consumption of water footprint per capita in the provinces of Xinjiang, Gansu, Ningxia, Shanxi, Beijing, Shanghai, Tianjin, Heilongjiang, Liaoning is categorized between $700 \sim 850 \text{ m}^3/\text{a}$; The provinces of Inner Mongolia and Qinghai have a high consumption of $850 \sim 950 \text{ m}^3/\text{a}$; Other provinces lie in $550 \sim 700 \text{ m}^3/\text{a}$.

Key words : water footprint; virtual water; spatial difference analysis; GIS

(上接第 124 页)

Assessing benefits of the conversion of cropland to forest and grassland project in the mountain area of southern Ningxia

MI Wen bao^{1,2}, FAN Xingang³, XIE Yingzhong¹

(1. Grass Industry Research Institute, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

2. College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

3. Office of Scientific Research, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract : The paper sets up the index systems from the theory of social, economic and ecological complex system, and calculates the segmental data which are difficult to measure using relevant experts' research results for reference. Based on the method of quantitatively describing the ecological benefit, the paper uses the principal component analysis (PCA) to calculate the project of the Converting Slope Farmland into Forestland and Grassland during the last five years. The result shows that the ecological benefit of the project of Converting Slope Farmland into Forestland and Grassland in mountain area of southern Ningxia in 2004 is 2.2 times to 2002. The increase has average out at 50% every year. The ecological benefit is shown gradually and accumulating.

Key words : mountain area of southern Ningxia; conversion of cropland to forest and grassland; assessing benefit