

基于土地利用的陕西省生态风险分析

刘引鸽

(宝鸡文理学院 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室 地理科学与环境工程系, 陕西 宝鸡 721013)

摘要: 土地利用变化对陆地生态系统产生了很大的影响。利用陕西省土地和社会经济环境资料, 分析了土地利用变化趋势。采用层次分析法与综合指数法, 建立了自然压力、社会环境压力、经济压力生态风险指标体系, 估算了耕地、林地、牧草地、水域等土地利用结构生态风险以及综合风险。结果表明, 绝对数量变化幅度最大的是耕地和林地, 而且耕地生态风险最大, 水域变化生态风险最小, 不同土地利用类型生态风险指数大小顺序为: 耕地 > 林地 > 居民点及工矿用地 > 牧草地 > 未利用地 > 交用地 > 水利设施用地。土地生态压力风险中, 以经济压力生态风险最大, 其次是自然压力生态风险, 社会环境压力生态风险相对较小, 土地生态综合风险呈增加趋势。生态风险变化与土地利用结构的不合理, 人口增加, 水资源量减少以及自然灾害增加密切相关。

关键词: 土地利用; 生态风险; 指标体系; 陕西省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)03-0180-05

中图分类号: F301.2, S181

Ecological Risk Analysis Based on Land Use in Shaanxi Province

LIU Yirge

(Key Lab of Disaster Monitoring and Mechanism Simulating in Shaanxi Province, Department of Geography Sciences & Environment, Engineering Baoji College of Arts and Science, Baoji, Shaanxi 721013, China)

Abstract: Changes of land use have great impacts on terrestrial ecosystems. The trends of land use changes were analyzed based on the land, social, economic, and environmental data. Using the methods of the composite index and analytic hierarchy process (AHP), we established the ecological risk assessment systems considering natural, societal, and economic pressure, and evaluated ecological risk index and composite risks of land use structure including cultivated lands, forestlands, grazinglands, and water body. The results showed that the ecological risks were the greatest in cultivated lands, and smallest in water bodies. The order of the risks is: cultivated land > woodland > land for inhabitation, mining and manufacturing > grazing and pasture land > unutilized land > land for transport facilities > land for water conservancy facilities. The ecological risks caused by economic pressure, nature pressure, and society pressure were greatest, intermediate, and smallest, respectively, while composite risk increased. The ecological risks are related to an unreasonable structure of land use, increase in population, decrease in water resources and increase of natural disaster.

Keywords: land use; ecological risk; index system; Shaanxi Province

土地利用变化在很大程度上反映了人类活动与自然生态条件变化的综合影响。随着社会经济的快速发展, 城市化进程加快, 土地利用的格局、深度和强度发生了深刻变化, 由此对生态系统的各个方面产生了深刻影响^[1-4]。区域生态风险分析就是对生态系统的资源生产能力以及服务价值下降、生态环境污染和退化给社会和生产造成的短期和长期不利影响(损失)和不确定性的评价^[5-6]。目前土地利用变化影响研究

主要集中在对土地整理和规划引起的土地生态风险评价上^[7-8]。研究方法上主要是基于 GIS 的景观格局空间分析方法, 以县或市为研究单元的区域尺度, 对某一年或不连续时间的生态风险评价进行研究^[9-13]。这些研究不能评价连续土地利用生态风险的变化趋势。本研究主要采用连续几年的土地利用类型数据和社会环境经济数据, 根据生态风险评价的基本理论和方法体系, 分析研究陕西土地利用及其生

收稿日期: 2010-09-13

修回日期: 2010-10-24

资助项目: 国家社会科学基金项目“西北地区生态风险综合评估及安全保障研究”(08BZZ031); 陕西省重点实验室项目“陕西省生态脆弱性及风险综合研究”(09JS072); 宝鸡文理学院重点项目“区域气候变化灾害效应及适应研究”(ZK09142)

作者简介: 刘引鸽 (1965-), 女(汉族), 陕西省兴平县人, 教授, 主要从事资源管理、气候生态方面研究。E-mail: yingeliu@163.com。

态系统的风险变化, 为恢复治理生态环境以及土地规划管理提供科学依据。

1 研究区概况

陕西省地处半湿润半干旱地区, 年平均降水量 340~ 1 240 mm, 土地面积 $2.06 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占中国国土面积的 2.1%, 其中耕地面积占全省总面积的 19.68%, 林地占 50.31%, 草地占 14.89%, 水域占 5.11%, 未利用土地占 6.24%, 居民工矿用地占 3.45%, 交通用地占 0.32%。土地利用率高 94.4%, 农业用地比重大占 88.5%。高原约占陕西省总面积的 45%, 平原约占 19%, 山地约占 36%。关中平原地区工业集中, 经济发达, 人口稠密, 国民生产总值约占全省 2/3。2008 年陕西省人口自然增长率较高, 为 4.08‰, 城市化率为 38.2%, 人口密度比较大为 182 人/ km^2 , 2008 年陕西省人均耕地面积为 0.134 5 hm^2 /人, 农村居民人均纯收入 3 136 元, 全省城镇居民人均可支配收入 12 858 元。陕西省自然环境脆弱, 干旱、暴雨洪涝、冰雹、沙尘等气象灾害发生频繁, 滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷以及地裂缝等

地质灾害严重, 水土流失、土地沙漠化现象也十分严重, 对陕西省社会经济发展构成巨大威胁。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

本文社会经济环境数据来源于陕西省统计年鉴(2002—2008 年), 陕西省环境公报(2002—2008 年)。水资源数据来源于陕西省水资源公报(2002—2008 年)。土地利用数据来源于陕西省国土资源公报(2002—2008 年)。

2.2 研究方法

2.2.1 指标体系建立 土地生态系统是一个复杂系统, 涉及的风险源、暴露体和终点比较多, 在综合考虑生态风险指标的可得性与可操作性基础上, 对指标进行筛选, 保留重要指标, 从自然、社会经济环境状况出发, 采用层次分析法构建指标体系。根据陕西省实际情况构建 3 个层次指标, 分别为目标层、因子层和指标层。目标层为土地综合生态风险, 因子层包括自然压力生态风险、社会环境压力生态风险和经济压力生态风险, 指标层选择 28 个指标(表 1)。

表 1 陕西省土地压力生态风险指标

目标层	因子层	指标层	权重
土地压力综合生态风险	自然压力生态风险	年平均降水量 C_1/mm	0.190 1
		森林覆盖率 $C_2/\%$	0.001 3
		农作物播种总面积比重 $C_3/\%$	0.003 4
		单位面积粮食产量 $C_4/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	0.012 9
		农业用水比重 $C_5/\%$	0.027 7
		自然灾害受害面积比重 $C_6/\%$	0.080 4
		土地多样性指数 $C_7/\%$	0.074 1
		水土流失率 $C_8/\%$	0.120 5
		生态环境敏感指数 C_9	0.089 1
		土地开垦指数 C_{10}	0.080 0
	经济压力生态风险	人均农业灾害直接经济损失 $C_{11}/\text{元}$	0.069 1
		城镇居民人均可支配收入 $C_{12}/\text{元}$	0.006 1
		农民人均纯收入 $C_{13}/\text{元}$	0.006 2
		单位面积工业废水排放量 $C_{14}/(10^4 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2})$	0.001 0
		耕地化肥施用量 $C_{15}/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	0.001 7
		耕地生产的农业产值 $C_{16}/(\text{元} \cdot \text{hm}^{-2})$	0.008 1
		第三产业占的比重 $C_{17}/\%$	0.001 1
		经济密度 $C_{18}/(10^4 \text{ 元} \cdot \text{km}^{-2})$	0.008 0
		人均地质灾害直接经济损失 $C_{19}/\text{元}$	0.134 2
		人均农林牧渔业总产值 $C_{20}/\text{元}$	0.056 6
	社会环境压力生态风险	水资源人口承载力 $C_{21}/(\text{人} \cdot \text{m}^{-3})$	0.012 3
		人均森林面积 C_{22}/hm^2	0.001 3
		人均耕地面积 C_{23}/hm^2	0.005 7
		人均水土流失治理面积 $C_{24}/10^4 \text{ hm}^2$	0.003 1
		人口自然增长率 $C_{25}/\%$	0.002 4
		人口密度 $C_{26}/(\text{人} \cdot \text{km}^{-2})$	0.001 0
		城市化率 $C_{27}/\%$	0.001 0
		人均建设用地 $C_{28}/10^4 \text{ hm}^2$	0.001 3

2.2.2 研究方法 目前生态风险研究方法还处在实践和探索阶段,具有代表性的生态风险研究可归纳为风险源分析、暴露评价和危害评价。土地生态风险分析方法主要有层次分析法、景观指数法,综合指数法以及空间变异法^[12-15],本文采用综合指数法来计算土地利用结构以及自然、社会经济压力风险指数。

(1) 土地利用结构综合指数法。由于土地利用类型分类较多,影响程度判断难度较大,因此,利用各种类型土地面积比重,构造土地利用结构生态风险指数,计算公式为:

$$I_{EF} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \times P_i \quad (1)$$

式中: I_{EF} ——土地利用生态风险指数; i ——土地类型; S_i ——土地类型面积; S ——总面积; P_i ——不同类型土地生态风险强度指数, P_i 通过专家咨询打分确定。

(2) 生态风险综合指数法。综合指数法是目前常用的估算生态风险大小的方法,此方法能够体现土地生态系统整体性、综合性和层次性。因此,本文选择此方法计算陕西省土地压力生态风险。综合指数

计算公式如下:

$$ERI = \sum_{i=1}^n A_i \times W_i \quad (2)$$

式中: ERI ——生态风险综合指数; A_i ——各生态风险指标标准化值; W_i ——生态风险评价指标权重; n ——指标个数。

采用效应函数对所有数据进行标准化处理,为避免人为主观性,采用熵值法计算权重。

3 结果分析

3.1 土地利用结构变化分析

陕西省土地利用结构比例变化见图 1。由图 1 可以看出,陕西省近 7 a 来,园地、林地、居民点及工矿用地、交通用地呈增加趋势,耕地、牧草地以及未利用土地呈减少趋势。陕西省土地利用/覆盖面积大小顺序依次为林地>耕地>牧草地>未利用地>居民点及工矿用地>园地>交通用地>水利设施用地。林地占全省面积最大平均为 50.31%,其次是耕地平均为 19.68%,水利设施占全省面积最小为 0.19%。

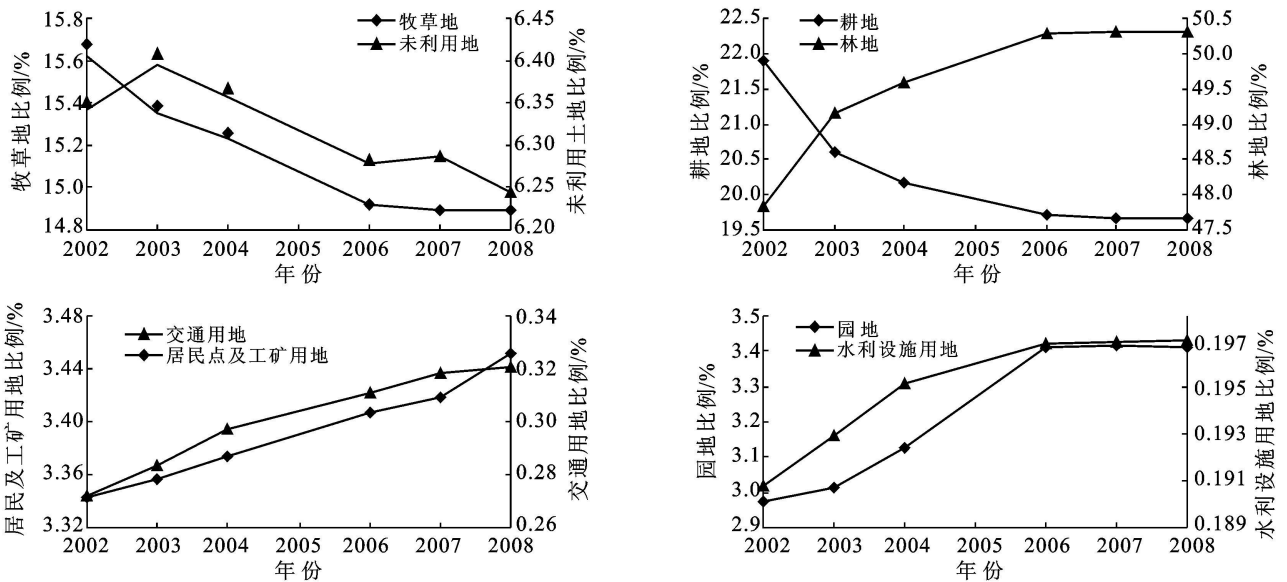


图 1 陕西省土地利用结构比例变化

土地利用结构类型变化中,绝对数量变化幅度最大的是耕地和林地,2002—2008年耕地减少了 $4.56 \times 10^5 \text{ hm}^2$,林地增加了 $5.11 \times 10^5 \text{ hm}^2$,其园地增加了 $8.36 \times 10^4 \text{ hm}^2$,牧草减少了 $1.50 \times 10^5 \text{ hm}^2$,居民点及工矿用地增加了 $2.23 \times 10^4 \text{ hm}^2$,未利用土地减少 $2.02 \times 10^4 \text{ hm}^2$,水域增加了 1361 hm^2 。城乡建设和交通用地增加主要来源于耕地。人工造林和退耕还林使林地面积增加。2008年生态退耕 513.30 hm^2 ,占全省耕地减少量的 6.02%,人工造林面积 $2.48 \times 10^5 \text{ hm}^2$,比 2007 年增加了 8.7%。2008 年新增加

建设用地总面积中,农用地为 2836.10 hm^2 ,占总新增加建设用地总面积的 80.70%。随着社会经济发展,不同土地利用类型之间的转换速度可能还会加快,生态系统平衡会受到一定的干扰,其结构和功能也会发生较大改变,从而会影响到土地生态潜力的发挥。

3.2 土地利用结构生态风险分析

采用陕西省土地利用类型面积变化资料,由公式(1)计算得出陕西省土地利用结构风险指数(见表 2)。由表 2 可以看出,陕西省 7 种土地利用类型中,

耕地生态风险指数最大为 0.352 2, 其次是林地 为 0.137 9, 水域生态风险指数最小为 0.002 1, 而且耕地、居民及工矿用地、交通用地产生的生态风险呈增加趋势, 林地、草地、未利用土地和水域生态风险有减少趋势或保持稳定状态。不同土地类型平均生态风险指数大小顺序为耕地> 林地> 居民点及工矿用地> 牧草地> 未利用地> 交通用地> 水域。这说明耕地变化对生态环境和社会经济发展潜在影响最大, 其次是林地, 水域潜在生态影响较小。由图 2 可以看出, 土地利用结构综合生态风险变化分为 2 个阶段,

2002—2004 年生态风险指数减小, 2006—2008 年生态风险指数增加, 这与陕西省土地利用结构变化的趋势一致。2002—2004 年虽然耕地面积减少, 但林地面积增加明显, 耕地减少了 $4.48 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 林地增加了 $5.04 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 其它类型土地面积变化不大, 林地增加生态风险减小抵消了耕地减少生态风险增大, 综合生态风险减小。2006—2008 年耕地减少了 7 888 hm^2 , 林地只增加 7 603 hm^2 , 水域面积减少 6 110 hm^2 , 交通和工矿用地面积增加, 这就导致综合生态风险加大。

表 2 陕西省不同年份土地类型生态风险指数

土地类型	耕地 (0.140 5)	林地 (0.278 0)	牧草地 (0.463 0)	居民及工矿用地 (0.249 8)	交通用地 (0.367 6)	未利用地 (0.109 9)	水利设施用地 (0.057 0)
2002 年	0.371 0	0.133 0	0.072 3	0.073 5	0.010 0	0.036 9	0.002 1
2003 年	0.354 8	0.136 7	0.071 1	0.073 8	0.010 4	0.037 2	0.002 1
2004 年	0.350 9	0.137 9	0.070 5	0.074 3	0.010 9	0.037 0	0.002 1
2006 年	0.345 9	0.139 8	0.069 1	0.085 1	0.011 4	0.036 5	0.002 2
2007 年	0.345 3	0.139 9	0.069 0	0.085 4	0.011 7	0.036 6	0.002 2
2008 年	0.345 5	0.139 9	0.069 0	0.086 2	0.011 8	0.036 3	0.002 2
平均值	0.352 2	0.137 9	0.070 2	0.079 7	0.011 0	0.036 8	0.002 1

注: () 内数据为其相应土地类型的权重。

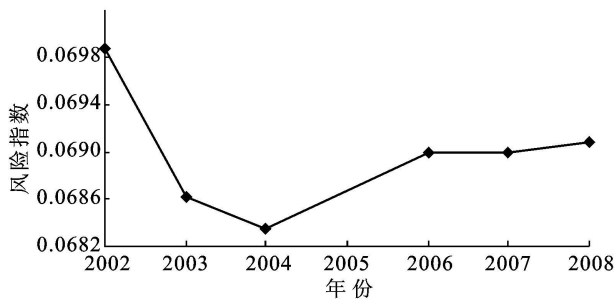


图 2 土地利用结构综合生态风险指数变化

3.3 土地压力生态风险分析

随着西部开发和生态环境重建, 生态环境保护措施实施, 社会经济快速发展, 土地压力不断增加, 选用 2004, 2006, 2008 年为代表年, 分析生态压力综合风险。由公式(2) 计算出综合生态风险指数见表 3—4。根据陕西省自然地理环境特征, 结合人口和经济发展状况将陕西省划分为陕北、关中和陕南 3 个区域, 以市区为单元计算出各市的生态风险, 得出 3 个区域的风险指数见表 5。

表 3 各指标生态风险指数

项目	指标	2004 年	2006 年	2008 年	项目	指标	2004 年	2006 年	2008 年	
自然压力	C_1	0.005 911	0.005 252	0.008 780	经济压力	C_{15}	0.000 072	0.000 074	0.000 076	
	C_2	0.000 004	0.000 002	0.000 002		C_{16}	0.015 096	0.020 342	0.025 850	
	C_3	0.000 016	0.000 016	0.000 016		C_{17}	0.000 002	0.000 002	0.000 002	
	C_4	0.000 018	0.000 018	0.000 018		C_{18}	0.010 174	0.012 292	0.015 410	
	C_5	0.000 116	0.000 116	0.000 116		C_{19}	0.043 500	0.180 892	0.346 054	
	C_6	0.015 802	0.020 829	0.041 640		C_{20}	0.010 736	0.013 012	0.016 460	
	C_7	0.022 160	0.030 169	0.038 260		C_{21}	0.007 460	0.010 488	0.008 432	
	C_8	0.016 884	0.018 313	0.020 798		C_{22}	0.000 026	0.000 026	0.000 024	
	C_9	0.005 590	0.005 860	0.009 681		社会压力	C_{23}	0.000 026	0.000 026	0.000 028
	C_{10}	0.000 002	0.000 002	0.000 002			C_{24}	0.000 004	0.000 002	0.000 002
经济压力	C_{11}	0.043 920	0.035 014	0.066 712	C_{25}		0.000 002	0.000 002	0.000 002	
	C_{12}	0.006 660	0.038 707	0.000 462	C_{26}		0.000 002	0.000 002	0.000 004	
	C_{13}	0.006 624	0.003 876	0.045 906	C_{27}		0.003 960	0.003 396	0.004 272	
	C_{14}	0.002 546	0.001 524	0.015 102	C_{28}		0.000 002	0.000 002	0.000 004	

表 4 不同时期土地压力生态风险指数

年份	自然压力	经济压力	社会压力	综合压力
2004	0.066 6	0.139 3	0.011 5	0.217 4
2006	0.080 6	0.384 9	0.013 9	0.484 7
2008	0.119 3	0.660 2	0.012 8	0.792 3
平均	0.088 8	0.394 8	0.054 6	0.498 1

表 5 不同区域土地压力生态风险指数

区域	自然压力	经济压力	社会压力	综合压力
陕北	0.041 5	0.222 2	0.020 2	0.283 9
关中	0.033 2	0.220 4	0.019 4	0.273 0
陕南	0.021 0	0.204 7	0.010 2	0.235 9

可以看出, 2004—2008 年自然压力生态风险、经济压力生态风险增大, 2006 年社会压力生态风险增加, 2008 年社会压力生态风险又减小, 综合生态风险指数呈增加趋势变化, 而且以经济压力生态风险最大, 其次是自然压力生态风险, 社会压力生态风险较小。陕北生态风险较大, 其次是关中, 陕南生态风险相对较小, 土地生态风险的时空变化与陕西自然环境差异、社会经济环境变化相关。2006 年陕西省水资源总量为 $2.67 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 2008 年为 $3.04 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 而 2006 年水资源经济承载力为 $5.381 \times 10^5 \text{ 元/m}^3$, 2008 年水资源经济承载力达 $7.606 \times 10^5 \text{ 元/m}^3$, 增加了 41.35%。2008 年陕北、关中、陕南水资源经济承载力和人口承载力分别为 1 010.119, 393.231, 227.109 元/m^3 和 0.23, 0.14, 0.05 人/m^3 , 以陕北水资源承载力最大, 陕南最小。污水排放以及自然灾害增加也增大了生态风险。2008 年全省废水排放量增加到 $1.04 \times 10^9 \text{ t}$, 灾害的直接经济损失为 $2.68 \times 10^{10} \text{ 元}$, 比 2006 年增加了 $1.90 \times 10^{10} \text{ 元}$ 。陕西省经济密度和人口密度也在增加, 2006 年陕西省经济密度和人口密度分别为 219.812 元/km^2 , 182 人/km^2 , 而 2008 年分别达到 332.912 元/km^2 , 183 人/km^2 。土地利用变化中, 林地虽然增加, 但耕地 2008 年比 2006 年减少了 7 887 hm^2 , 水土流失治理面积虽然逐年增加, 但治理抵消不了土地退化造成的风险。这些要素共同作用是陕西省土地生态风险增大的必然结果。

4 生态风险驱动因素分析

通过对陕西省自然、经济和环境压力生态风险变化的分析, 结合陕西省土地生态基础本底脆弱性和社会经济系统脆弱性, 陕西省土地生态风险驱动因素可归纳为以下几方面。

(1) 土地利用结构不合理、水资源短缺、人口增加以及承载力增大使陕西土地利用的自然社会环境风险增加。陕西省耕地面积一直在减少, 建设用地一直在增加, 其它用地也有不同程度变化, 这就加剧了土地类型结构生态风险。陕西省水资源时空分布不均, 黄河流域面积占全省 60% 以上, 耕地面积占 80.5%, 而地表水资源仅占全省的 25%, 使处于黄河流域的关中、陕北潜在水资源压力生态风险较大。再加上气候变化, 城镇化率增大加剧了土地利用压力生态风险。

(2) 土壤侵蚀和自然灾害的危害严重性, 成为陕西省土地利用自然压力风险的驱动因素。陕西省水土流失面积 $1.38 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占全省土地总面积的 66.8%, 强度以上水土流失面积达 $4.20 \times 10^4 \text{ km}^2$, 以陕北黄土丘陵沟壑区、渭北高原沟壑区水土流失最为严重, 使关中、陕北地区的土地生态风险加大。

陕西省自然灾害有旱灾、洪涝灾害、地质灾害等。旱灾是最主要的自然灾害, 如 2006—2008 年全省年平均成灾面积 $1.01 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 而且以陕北、渭北和关中东部分别严重。由于陕西省所处不良地质环境条件以及不合理的人类工程活动, 每年都有大量不同规模的各种地质灾害发生, 如 2006, 2008 年分别发生地质灾害 23 和 123 次, 直接经济损失分别为 $7.43 \times 10^6 \text{ 元}$ 和 $2.50 \times 10^8 \text{ 元}$ 。以上土地生态的脆弱性成为陕西省生态风险的自然风险源。

(3) 社会经济压力驱动因素表现为: 陕西经济快速发展对资源利用增加, 同时对环境产生极大影响; 污水排放增加, 广施化肥、农药、除草剂以及使用塑料地膜, 使水资源和土壤污染逐步加重; 污染源治理和环境保护措施跟不上生态污染和退化。以上因素综合作用成为陕西省社会经济土地生态风险加大的主要原因。总之, 自然、社会环境和经济因素是陕西省生态风险区域差异和增加的主要驱动因素。

5 结论

通过上述分析可以看出, 陕西省耕地面积在减少, 林地面积在增加, 其它用地有不同程度的变化。土地利用生态风险表现为 2002—2004 年风险减小, 2006—2008 年生态风险增加。土地的自然、社会、经济压力生态风险也有增加趋势。生态风险的变化与土地利用结构的不合理, 人口增加, 经济发展导致的资源量减少和环境恶化, 以及自然灾害增加密切相关, 加大资源环境管理、灾害防治以及人口控制力度是减缓土地生态风险的主要途径。

(下转第 189 页)

经济效益远远超过了投入。吉县是国家优质苹果生产基地,通过退耕还林工程的实施,扩大了林果基地,2008年果园规模为8 153 hm²,果业收入2亿元。

5 结论

通过对吉县退耕还林工程进行综合效益评价和效益分析,得出以下结论。

(1) 进行效益分析,各方面数据佐证了吉县退耕还林工程生态、社会、经济效益显著。(2) 本文所采用综合效益评价是在对退耕还林的生态效益、社会效益、经济效益进行深入分析的基础上,应用数学方法将其定量化而做出的综合效益分析^[10],在一定程度上消除了人为主观判断,具有一定的准确性和可靠性。(3) 2000年,退耕还林综合效益为负值,是因为这一年退耕数量极大,当年退耕后恢复的植被的综合效益没有发挥出来,到2001年才逐渐发挥出来。(4) 退耕还林自实施以来,改善了区域生态环境,但如何保持和不断完善工程建设的成果,使其能够发挥持续的效益,是一个尚待研究解决的问题。(5) 2000—2008年吉县退耕还林综合效益逐年增加,并且越来越明显,工程的实施推动了吉县社会经济的发展。

为确保吉县退耕还林成果得到切实巩固,妥善解决退耕农户当前与长远生计,使退耕还林的效益得到充分发挥,建议吉县始终坚持“林权是核心、给粮是关键、种苗要先行、干部是保证”的退耕还林指导方针,加强领导,层层落实目标责任制,县、乡两级政府都应把

宣传发动作为实施好退耕还林工作的重要任务,加大了宣传力度。同时,做好2008—2020年退耕还林的长远规划,加强对屯里林场、红旗林场和各乡镇林场的管护工作,不断创新林权、林地制度和林权管理制度。

[参 考 文 献]

- [1] 米文宝,樊新刚,谢应忠,等. 宁南山区退耕还林还草效益评估研究[J]. 干旱地区农业研究,2008,20(1): 118-124.
- [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] 赵艺学,刘勇. 山西省西山地区退耕还林还草生态环境建设的关键问题[J]. 水土保持通报,2002,22(6): 18-21.
- [4] 杜英. 黄土丘陵沟壑区退耕还林还草工程生态服务价值评估: 以安塞县为例[J]. 西北农林科技大学学报,2008,18(6): 131-139.
- [5] 张凤荣,王静,陈百明,等. 土地持续利用评价指标体系与方法[M]. 北京: 中国农业出版社,2003: 101-106.
- [6] 张崇甫,陈述云,胡希铃,等. 统计分析方法及其应用[M]. 重庆: 重庆大学出版社,1995: 69-78.
- [7] 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.
- [8] 杞银凤. 会泽县退耕还林效益分析与评价[J]. 林业经济问题,2008,28(5): 435-439.
- [9] 古丽努尔·沙布尔·哈孜,尹林克,李春香,等. 塔里木河中下游退耕还林还草综合生态效益评价研究[J]. 水土保持学报,2004,16(10): 80-83.
- [10] 鲍锋,延军平,孙虎,等. 高寒农牧交错区退耕还林政策实施效应评价[J]. 水土保持研究,2008,21(2): 151-155.

(上接第184页)

[参 考 文 献]

- [1] 田宇鸣,李新. 土地利用/覆被变化(LUCC)环境效应研究综述[J]. 环境科学与管理,2006,31(5): 60-64.
- [2] 康玲芬,李锋瑞,化伟. 不同土地利用方式对城市土壤质量的影响[J]. 生态科学,2006,25(1): 59-63.
- [3] Overmars K P, De Koning G H J, Veldkamp A. Spatial autocorrelation in multiscale land use models [J]. Ecological Modelling, 2003,164: 257-270.
- [4] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the worlds ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [5] 阳文锐,王如松,黄金楼,等. 生态风险评价及研究进展[J]. 应用生态学报,2007,18(8): 1869-1876.
- [6] 喻光明,胡秀丽,张敏,等. 土地整理的生态风险评价[J]. 安全与环境学报,2007,7(6): 83-88.
- [7] 孙洪波,杨桂山,朱天明,等. 经济快速发展地区土地利用生态风险评价: 以昆山市为例[J]. 资源科学,2010,32(3): 540-546.
- [8] 杨永峰,孙希华,王百田. 基于土地利用景观结构的山东省生态风险分析[J]. 水土保持通报,2010,30(1): 232-234.
- [9] 莫宏伟,任志远,李振国. 陕北榆林市土地生态价值及生态风险动态分析[J]. 水土保持通报,2009,29(6): 189-192.
- [10] 韦仕川,吴次芳,杨杨,等. 基于RS和GIS的黄河三角洲土地利用变化及生态安全研究[J]. 水土保持学报,2008,22(1): 185-189.
- [11] 肖杨,毛显强. 区域景观生态风险空间分析[J]. 中国环境科学,2006,26(5): 623-626.
- [12] 付在毅,许学工. 区域生态风险评价[J]. 地球科学进展,2001,16(2): 267-271.
- [13] 臧淑英,梁欣,张思冲. 基于GIS的大庆市土地利用生态风险分析[J]. 自然灾害学报,2005,14(4): 141-145.