

生态景观视角下土地整治的生态效益评价

鲁胜晗^{1,2}, 朱成立¹, 周建新², 田世超³, 王炎如², 常军²

(1.河海大学 农业工程学院, 南京 210098; 2.华东勘测设计研究院, 杭州 311122; 3.河海大学 水文水资源学院, 南京 210098)

摘要:系统、科学地评价土地整治的生态效益对农业生态保护和农业景观建设有积极影响。在生态景观视角下,结合土地整治的特点及工程实践,采用层次分析法从基本功能、生态功能、景观功能 3 个方面展开土地整治的生态效益评价体系,并确定了各层次的权重系数。以衢江万亩水田项目及白鹤滩土地整治项目为实例,运用层次分析法得初步评价结果并以此为基础,设计了相应的 BP 神经网络模型,通过训练和检验使其应用于实例。结果表明:白鹤滩(云南),白鹤滩(四川),衢江万亩水田项目的基本、生态、景观功能和生态效益评价价值分别为 57.73,82.63,85.43;61.62,57.11,65.08;40.83,43.29,52.11;52.92,56.84,64.10。分析可知,无论从整体的生态效益还是从各功能的角度来看,衢江万亩水田项目都相对优于白鹤滩两地。AHP—BP 模型结合了主观优选和客观映射的特点,可以对土地整治的生态效益进行系统、科学的评价,评价结果与实际相符,表明该方法可行有效并能为不同区域土地整治的生态效益评价研究提供参考和借鉴。

关键词:土地整治;生态效益;层次分析法;BP 神经网络;农业生态;农业景观

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)05-0311-07

Evaluation on Ecological Benefit of Land Remediation from the Perspective of Ecological and Landscape

LU Shenghan^{1,2}, Zhucheng Li¹, ZHOU Jianxin², TIAN Shichao³, WANG Yanru², CHANG Jun²

(1.College of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2.East China Institute of Survey and Design, Hangzhou 311122, China; 3.College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Systematic and scientific evaluation of the ecological benefits of land remediation has a positive impact on agricultural ecological protection and agricultural landscape construction. From the perspective of ecological landscape, combining with the characteristics of land remediation and engineering practice, analytic hierarchy process is adopted to develop the ecological benefit evaluation system of land remediation from three aspects: basic function, ecological engineering energy and landscape function, and the weight coefficient of each level is determined. Taking the ten thousand mu paddy field in Qujiang and the land reclamation of Baihetan as examples, and based on the preliminary evaluation results obtained by AHP, a back propagation neural network model was designed and applied to the case by training and testing. The results show that the evaluation values of basic, ecological, landscape function and ecological benefits of Baihetan (Yunnan), Baihetan (Sichuan) and Qujiang are 57.73, 82.63 and 85.43; 61.62, 57.11 and 65.08; 40.83, 43.29 and 52.11; 52.92, 56.84 and 64.10, respectively. The analysis shows that Qujiang is superior to Baihetan in terms of overall ecological benefits and functions. The AHP-BP model combines the characteristics of subjective optimization and objective mapping to make a systematic and scientific evaluation of the ecological benefits of land remediation, and the evaluation results are consistent with the actual situation, indicating that the method is feasible and effective and can provide reference for the ecological benefit evaluation of land reclamation in different regions.

收稿日期:2019-11-15

修回日期:2019-12-02

资助项目:国家重点研发计划项目“西北典型农区高效节水灌溉技术与集成应用”(2016YFC0400200)

第一作者:鲁胜晗(1995—),男,浙江嵊州人,硕士研究生,研究方向为农业水土工程。E-mail:940283134@qq.com

通信作者:朱成立(1967—),男,江苏扬州人,博士,教授,主要从事农业水土资源利用和管理研究。E-mail:442588123@qq.com

Keywords: land reclamation; agricultural benefit; analytic hierarchy process; back propagation neural network; agricultural ecological; ecological landscape

土地是人类生存和发展的重要载体,是城乡建设与经济发展的重要支柱,同时也是生态环境与景观的重要组成部分。随着对土地生态环境与农田景观建设的越发重视,土地整治作为一项综合组织土地利用的传统活动,面临着新的发展。新形势下的土地整治意在实现生态可持续性,通过引入生态景观元素完善生态结构与景观功能,利用生态斑块、廊道的稳定性与生态系统的调节能力促进土地可持续发展。

土地整治对区域生态环境保护与景观建设有积极影响,然而目前对土地整治的生态效益评价研究多以定性的描述与分析为主,很难科学、客观地做出评估与判断,导致一些土地整治项目的生态保护与景观建设很难达到预期结果,因此对土地整治生态效益评价的研究具有积极的意义。目前,国内外对土地整治生态效益评价的研究有一定探索,一些学者从不同的角度入手对其展开研究,李岩等^[1]从生态学角度出发,在生态系统层次上建立生态环境状况指数模型;丁向华等^[2],刘峻岭等^[3]分别从生态环境保护视角和宏观的景观格局与微观的生态过程入手选取生态效益评价指标并构建评价体系;而 Crecent 等^[4]认为对土地整治生态效益的评价主要以反映对农地保护及直接环境效益的环境影响为主。目前国内学者对土地整治的生态效益评价多采用层次分析法^[5],特尔菲法^[2],模糊综合评价法^[6]等,然而这些方法存在主观性与理解模糊性,受人为影响大。所以笔者尝试从生态景观视角入手,在层次分析法的基础上结合 BP 神经网络使评价过程模式化,以弥补主观因素的不足,使评价结果更具客观性与真实性。

1 研究方法

1.1 评价指标体系

在生态景观视角下,土地整治是通过一系列工程、生物措施对区域生态与景观功能、结构进行改造,进而体现整体的生态效益。因此,对土地整治生态效益的评价需充分考虑土地整治工程,生态环境保护 and 景观格局建设的关系,以构建合理的,有层次的指标体系。土地整治的生态效益评价是动态的、综合的,为充分体现土地整治对区域生态环境与景观全面、持续的影响,在构建评价指标体系时应遵循科学性、系统性、动态性、可操作性及定性定量相结合原则^[7]。根据以上思路和原则,借鉴已有的研究成果并参考专家意见,运用层次分析法,结合土地整治的特点及工程实践来构建基于生态

景观视角的评价指标体系,以“生态效益”为目标,拟定 3 个准则及 10 个指标和 21 个子指标(表 1)。

该评价指标体系共有 4 层,分“基本功能”、“生态功能”、“景观功能”3 个准则。“基本功能”以生产能力、土壤改良、基础设施为指标层,涵盖 6 个基本指标,可以体现土地整治从提升耕地能力、土壤质量和基础设施建设水平 3 个方面对支持区域生态环境保护与景观建设的作用大小;“生态功能”以环境保护、水土保持、水资源保护、生物多样性保护为指标层,涵盖 8 个生态指标,考虑土地整治对区域环境、土、水、生物保护的度;“景观功能”以景观多样性、美观性、稳定性为指标层,涵盖 7 个景观指标,体现土地整治丰富、美化景观,提升区域系统抗扰动能力的作用。其中包含的 21 个子指标既有定量的也有定性的,需根据各指标的量化方法和标准来确定(表 1)。

该评价指标体系能较为全面地从工程、生态保护、景观格局角度展现土地整治对区域生态效益的影响。与常见综合评价中的生态效益指标体系^[8-9]比较,该体系强调了基本功能的相关指标对生态效益的影响,且更详尽地通过生态功能的相关指标展现了土地整治在生态保护方面对生态效益的影响,同时引入景观格局指数体现生态效益评价中景观功能的作用。而与常见的生态效益评价指标体系^[10]相比,该体系更注重生态和景观功能指标的关联性,着重体现了生态与景观功能对生态效益的影响。

1.2 AHP 和 BP 神经网络

层次分析法(AHP)是美国运筹学家 T.L. Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的一种多目标决策分析方法,基本思路是将复杂问题分解成多个层次和因素,然后请领域内的专家、学者对两两指标间的相对重要程度作出比较判断,再构造判断矩阵,通过计算其最大特征值及对应特征向量,得出各个层次重要程度的权重,为决策提供了依据^[11]。层次分析法属于一种定性判断与定量分析相结合的分析方法,但会使评价结果存在一定程度上的主观性。

反向传播(BP)神经网络是一种单向传播的前馈神经网络,其主要的特点是信号前向传播,误差反向传播。在前向传递中,输入信号从输入层经隐含层逐层处理,直至输出层。每一层的神经元状态只影响下一层神经元状态。如果输出层得不到期望输出,则转入反向传播,根据预测误差调整网络权值和阈值,从而使 BP 神经网络预测输出不断逼近期望输出^[12]。

BP 神经网络具有很强的自学习、自适应能力还有很高的容错性,其层与层神经元之间通过权系数连接的

全互联连接方式可以看作一种高度非线性映射,但其目前仍存在一定的局限性。

表 1 土地整治的生态效益评价指标体系

目标层	准则层	指标层	子指标层	量化标准(方法)
生态效益 A	基本功能 B ₁	生产能力 C ₁	新增耕地率 D ₁	新增耕地面积/项目总面积×100%
			土地垦殖率 D ₂	耕地总面积/项目总面积×100%
	土壤改良 C ₂	耕地有效土层厚度 D ₃	根据厚度(cm)分等级 1 级: >100; 2 级: 50~100; 3 级: 30~50; 4 级: 15~30; 5 级: <15	
		土壤质地 D ₄	以土壤表层 30 cm 的平均质地为标准,将土壤质地条件分为 4 级	
	基础设施 C ₃	灌溉设计保证率 D ₅	设计灌溉用水量供水的年数/计算总年数×100%	
		灌溉设施覆盖率 D ₆	灌溉设施所覆盖范围的面积/项目耕地总面积×100%	
	环境保护 C ₄	植被覆盖率 D ₇	植被面积/项目总面积×100%	
		农业小气候改善度 D ₈	小气候中的湿度、温度、光照、水分腾发量等条件是否得到改善及其程度(综合评定,采用专家打分法)	
	水土保持 C ₅	水土流失治理率 D ₉	水土流失治理的面积/项目水土流失总面积×100%	
		土壤侵蚀指数 D ₁₀	(0.05×轻度侵蚀面积+0.25×中度侵蚀面积+0.7×重度侵蚀面积)/项目总面积	
水资源保护 C ₆	坑塘水面率 D ₁₁	水面面积/项目总面积×100%		
	水资源平衡尺度 D ₁₂	水资源是否得到优化,水资源供需是否平衡(综合评定,采用专家打分法)		
生物多样性保护 C ₇	生物丰度指数 D ₁₃	生物丰度指数=(0.35×林地面积+0.21×草地面积+0.28×水域面积+0.11×耕地面积+0.04×建设用地面积+0.01×未利用地面积)/项目总面积		
	生物多样性退化可能性 D ₁₄	根据生态退化的类型及其可能性大小		
景观功能 B ₃	景观多样性 C ₈	景观丰富度指数 D ₁₅	项目中的景观类型个数/景观类型总个数	
		香农多样性指数 D ₁₆	$H = \sum P_i (\ln P_i)$; H 为香农多样性指数; P _i 为斑块类型在景观中出现的频率	
景观美观性 C ₉	景观多样性 C ₈	香农多样性指数 D ₁₇	$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{-\sum P_i (\ln P_i)}{\ln(n)}$; E 为香农均匀度指数; H 为香农多样性指数; H _{max} 为其最大值; P _i 为斑块类型在景观中出现的频率; n 为景观中斑块类型的总数	
		景观形状指数 D ₁₈	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$; E 为景观中所有斑块边界的总长度; A 为景观总面积	
	景观连通性 D ₁₉	各斑块在空间上是否良好连接(综合评定,采用专家打分法)		
	斑块密度 D ₂₀	斑块数量/景观总面积		
景观稳定性 C ₁₀	景观连接度指数 D ₂₁	$CONNECT = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij,s}}{\sum_{i=1}^n (n_i(n_i-1)/2)} \times 100$; n _i 为斑块类型 i 的斑块数; C _{ij,s} 为给定距离内斑块类型 i 中斑块 j 和 s 的连接(C _{ij,s} =0 表示不连接, C _{ij,s} =1 表示连接); m 为某个斑块类型的数量		

土地整治对生态环境与景观有综合且动态的影响,运用层次分析法可以将复杂的生态效益分解成若干层次,得出各层次的权重并进行主观意识上粗略的评价与优选,而通过 BP 神经网络的构建,训练与预测可以得出更客观的评价。两者都是可单独对土地整治的生态效益进行评价的系统性方法,但会使评价结果存在主观性与局限性。故笔者尝试结合两种方法进行评价,发挥各自的优势弥补彼此的缺点,使评价体系系统化,提高评价的准确性与科学性。

1.3 评价步骤

步骤一,确定各指标、准则的权重系数 ω,和对评价体系中定性的指标进行评分。邀请业内和当地的水利、国土、生态等方面的专家进行问卷调查,对评价指标体系中 3 个准则、10 个指标和 21 个子指标的相对重要程度做两两比较判断,构造出各层次的判断矩阵,求解各个专家给出并通过一致性检验的判断矩阵,综合后可得

各准则、指标与分指标的权重系数^[13]。同时采用专家评分法,对农业小气候改善度、水资源平衡尺度、景观连通性 3 个难以量化的指标根据表 1 中相应的指标量化标准从 0 到 10 打分,功能越强,评分越高。

步骤二,数据预处理。运用相应的量化方法和标准(表 1)将评价体系中的指标全部化为实数,但由于存在不同量纲和不同数量级的指标值,评价会变得复杂。因此在进行评价前,需对指标数据进行预处理,使数据处于[0~100]范围之内(表 2)。

步骤三,运用层次分析法进行初步评价。以评价指标体系和指标的权重系数为基础,运用层次分析法对研究区域土地整治的生态效益进行评价。按照预处理后的指标数据乘以相应的权重系数,并按各层次求得研究区各指标、准则及生态效益的评价值。

步骤四,构建 BP 神经网络模型并进行评价。

(1) 网络拓扑结构:由于在理论上已经证明一个

任意 3 层 BP 神经网络能完成任意的非线性连续映射^[14],因此采用含输入层、隐含层、输出层各 1 个的 3 层 BP 神经网络,输入层与隐含层的传递函数选用 tansig,隐含层与输出层的传递函数选用 purelin。其中输入层节点对应评价指标个数,输出层节点对应目标和各准则,然而隐含层节点目前尚无成熟、完善的理论指导,故笔者尝试采用经验公式法的改进方法来确定隐含层节点^[15]。

(2) 网络训练:选取一定数量的训练样本,并以层次分析法初步评价的初步结果为期望输出。训练函数采用 traingdx,同时设定合适的最大训练次数,学习率及目标误差。最后加载训练样本对网络进行训练,使网络达到较好的精度。

(3) 网络检验与评价:在选取训练样本的同时选取检验样本,即为评价样本。将其加载到训练达标的 BP 神经网络评价模型中,输出结果即为得到的土地整治生态效益评价价值。再将其与期望输出对比,检验评价模型是否达到评价要求。

(4) 网络保存:将训练好且检验达标的网络进行保存,如需对土地整治的生态效益评价,即可迅速重启网络,输入待评价区域的指标值,即可获得相应的评价结果。

步骤五,根据评价模型输出结果进行评价。得出各准则、目标的评价价值后,比较研究区域内“基本功能”、“生态功能”、“环境功能”及生态效益的优劣,评价价值越大,其功能越强,效益越好。

表 2 评价体系中各指标数据预处理方法

处理方法	适用指标	备注
按照各指标对应的门槛值(即及格值)分析得相应的分值	D_1	3%(土地整理),60%(土地开发)
	D_2	60%
	D_5	75%
	D_6, D_9	90%
	D_7	70%
按照各指标对应的分级规定和分值范围进行分析得相应的分值	D_8, D_{12}, D_{19}	6
	D_{10}	0.6
	D_{13}, D_{15}	(先对反指标进行转化,方法:1-反指标) 0.6
自然断点法	D_3	1级:90~100分;2级:60~90分;3级:30~60分;4级:15~30分;5级:<15分
	D_4	1级:100;2级:75.;3级:50.;4级:25
	D_{14}	1级:100;2级:75;3级:50;4级:25
自然断点法	$D_{11}, D_{16}, D_{17}, D_{18}, D_{20}, D_{21}$	各指标数据分布多为偏态分布

2 实例应用

2.1 研究区概况

选取白鹤滩水电站(云南与四川部分)土地整治项目与衢州市衢江区万亩水田垦造项目作为研究对象。

(1) 白鹤滩土地整治项目。白鹤滩水电站位于云南、四川两省交界的金沙江上,土地整治作为其配套工程在金沙江两岸起到补充耕园地,加强基础设施建设,提高生产生活水平,保护生态环境,提升景观建设等作用。其中在云南境内覆盖 1 区 2 市 3 县,主要以土地开发为主,还有一些垫高造地工程;四川境内覆盖 1 个自治州 5 个县,主要以土地整理为主,土地开发较少。其区域内地表特征多样,地貌类型众多,地域组合复杂,垂直差异明显;气候复杂、变化大,主要以高原气候为主,雨热同期;土壤种类多样,呈阶梯状分布,主要以红壤、黄棕壤为主;水文情况较好,降雨较丰富且主要集中在夏季,水系较发达;土地利用主要以耕园地和林地为主,土地利用率高但垦殖率处于中下水平,森林覆盖率可达 4 至 5 成。

白鹤滩土地整治目标主要分为 3 个方面:(1) 保护脆弱的生态环境,治理水土流失,打造农业景观;(2) 筹措高质量耕园地,解决配套基础设施,提高土地产出;(3) 开发具有潜力的未利用地,形成生产力和一定的植被覆盖。

(2) 衢江万亩水田项目。衢江万亩水田项目位于衢州市,地处浙江西部,钱塘江上游,是国家级智慧生态农业综合改革试验区也是全国农业示范园区。土地整治作为其主要的工程措施起着平衡优质土地资源,调整农业结构,保护农业生态,提升农业景观,和谐三农三生,融合一二三产业等作用,为促进智慧农业发展和加快农村综合改革打下基础。其中又主要以土地开发整理和高标准农田项目为主。区域内主要为丘陵地貌,地势西高东低;气候温暖湿润,光热丰富,雨量充沛,无霜期长;土壤肥沃,主要以壤、粘质土为主;内部水系丰富,水库与坑塘水面分布较多,水渠横贯东西;土地利用主要以水田、果园为主,土地利用率和土壤垦殖率都属于中上水平,植被覆盖率可达 8 成。

衢江万亩水田项目目标主要分为 4 个方面:(1) 按照生态文明、农旅景观和农业现代化要求促进农业可持续发展;(2) 打造“土地整治+”模式,形成高端绿色农业和“智慧农业”;(3) 平衡高质量土地资源,解决土地矛盾。(4) 以土地整治项目为依托,融合一二三产业。

2.2 指标值与权重系数的确定

根据表 1 中的指标量化方法,结合研究区情况,对评价体系内的定量指标进行量化处理,得到相应指

标数据。邀请了浙江省、江苏省及当地的十一名国土、水利、生态专家进行问卷调查,结合研究区情况,根据表 1 中相应的量化标准对定性的指标进行评分,同时对评价指标的两两相互重要性做出判断,运用层次分析法求解这些判断矩阵并验证其一致性,最终得出定性指标的相应指标数据和各指标、准则的权重系数。根据表 2 中的处理方法对评价体系中的指标数据进行预处理,得到规范化的数据(表 3)。

表 3 评价指标权重系数及数据

目标	准则	权重	指标	权重	子指标	权重	预处理后研究区样本数值				
							白鹤滩(云南)	白鹤滩(四川)	衢江		
A	B ₁	0.21	C ₁	0.446	D ₁	0.56	44.9	100	76.8		
					D ₂	0.44	26.6	79.2	82.8		
			C ₂	0.391	D ₃	0.32	60	53.3	66		
					D ₄	0.68	75	78.1	100		
					C ₃	0.163	D ₅	0.44	70	70	84
							D ₆	0.56	100	100	100
	C ₄	0.135	D ₇	0.44	96	94.7	77.3				
			D ₈	0.56	66	67.1	83.3				
			C ₅	0.131	D ₉	0.46	100	96	100		
					D ₁₀	0.54	95	92	95		
			C ₆	0.134	D ₁₁	0.32	50	30	70		
					D ₁₂	0.68	68.7	67.7	82.2		
	C ₇	0.600			D ₁₃	0.54	25.1	11.9	10.9		
					D ₁₄	0.46	82.1	84.4	100		
	B ₃	0.395	C ₈	0.306	D ₁₅	0.05	83.3	100	100		
					D ₁₆	0.62	70	90	50		
					D ₁₇	0.33	50	50	70		
					C ₉	0.397	D ₁₈	0.48	10	10	90
							D ₁₉	0.52	65.3	67	84.4
					C ₁₀	0.297	D ₂₀	0.16	70	30	90
							D ₂₁	0.84	10	10	30

2.3 AHP 和 BP 神经网络评价

根据评价步骤三,运用层次分析法,以各指标、准则权重系数和评价指标数据基础,对研究区内各片区的土地整治生态效益进行初步评价,得初步评价价值。

根据评价步骤四中的网络设计思路,应用 Matlab 软件建立 4 个 BP 神经网络,评价对象为基本功能,景观功能,生态功能和生态效益,其对应的网络拓扑结果分别是 6×13×1,8×17×1,7×15×1,21×43×1。抽取蒙姑,大崇集镇,白鹤滩镇土地整治项目的数据样本作为检验样本,再选取 34 个土地整治项目的数据样本为训练样本,并以初步评价价值为期望输出。经训练使网络达到较好的训练精度后,输入检验样本得相对误差(表 4),可见该网络的最大误差在 1%以内,达到检验与评价要求。最后输入白鹤滩(云

南),白鹤滩(四川),衢江的指标值进行评价,获得研究区相应的评价价值(表 5)。

表 4 检验样本相对误差 %

研究区	基本功能 B ₁	生态功能 B ₂	景观功能 B ₃	生态效益 A
蒙姑	0.43	-0.11	0.89	-0.17
大崇集镇	-0.22	-0.86	0.06	-0.21
白鹤滩镇	-0.03	-0.67	-0.03	-0.19

表 5 评价指标值

研究区	基本功能 B ₁	生态功能 B ₂	景观功能 B ₃	生态效益 A
白鹤滩(云南)	57.73	61.62	40.83	52.92
白鹤滩(四川)	82.63	57.11	43.29	56.84
衢江	85.43	65.08	52.11	64.10

2.4 评价分析

由各准则、指标的权重系数可看出:生态功能和景观功能 2 个准则相对更重要,其中农业小气候改善度、土壤侵蚀指数、水资源平衡尺度、生物丰富指数、香农多样性、景观连接度在所在准则层中较为重要。

通过分析评价结果可以看出:在生态景观视角下,衢江万亩水田项目的生态效益要优于白鹤滩土地整治项目,而在白鹤滩土地整治项目中四川片区的生态效益要更优于云南片区;其中衢江万亩水田在基本功能、生态功能及景观功能都要全面强于白鹤滩土地整治项目,而白鹤滩四川片区的基本功能及景观功能要比云南片区更好,生态功能则稍差一些。评价结果与实际项目情况相符。

从评价结果分析结合研究区实际情况与主要目标来看:衢江万亩水田地处于自然、社会及经济条件较好的东部地区,其基本功能优异,很好地平衡了优质土地资源,能有效支持生态环境保护和农业景观建设。而生态功能和景观功能虽然要优于白鹤滩土地整治项目,但优势不明显,考虑到该项目刚建设完成,后续根据还要根据规划的目标融合美丽乡村建设,“智慧农业”,农耕文化传承,生态环境提升和农旅融合等打造“土地整治+”,其生态功能、景观功能及生态效益会在现在的基础上更上一层楼;而白鹤滩土地整治项目地处欠发达的西部地区,虽然背靠白鹤滩水电站,在政策和经济上有很大力度的支持,但在自然条件下仍要差一些,导致其生态效益相对较差,由于项目仍在实施完善中,基础设施建设、生产能力提升和土壤改良仍是项目重心,所以其基本功能基本达标,开发和筹措生产用地、提高土地产出的任务基本完成,能给予生态环境保护与景观建设一定支持。但其生态功能和景观功能较差,保护生态环境、打造农业景观的目标尚未完全达成,待项目完善后加强改善生态环境,提升农业景观建设,其生态、景观功能和生态效益会有明显提升。

结合评价分析可知,本文所构建的评价体系不仅能体现土地整治区域整体的生态效益,还可以更细致地从土地整治的基本功能,生态功能和景观功能及各相应指标中体现土地整治对区域生态环境,景观格局的影响,表明该评价体系具有合理的可行性。

3 结论

(1) 本文提出了一套系统、科学的土地整治生态效益评价体系,该体系包含 3 个准则,10 个指标和 21

个子指标,涵盖了国土、水利、环境、景观等各领域各方面,各指标内容清晰明确,量化方法科学高效,同时引入专家评分法和层次分析法来确定各指标的权重系数,可以合理、有效地体现土地整治生态效益的各个方面。

(2) 本文是在生态景观视角下对土地整治的生态效益进行系统性的评价,强调生态环境保护与农业景观建设在新形势下土地整治中的重要性,是基于打造“土地整治”与“智慧农业”,改善农业环境,提升农业景观,建设美丽乡村,加强农旅融合的角度提出的。

(3) 本文采用层次分析法和 BP 神经网络模型相结合的方法进行土地整治的生态效益评价:确定各准则、指标的权重系数,对指标数据进行预处理,初步评价并选取训练样本及检验样本,构建 BP 神经网络并训练使其达标,检验网络符合评价要求后在该模型中输入评价样本进行评价。从权重系数分析可得,生态功能和景观功能 2 个准则及生物多样性保护、景观多样性、景观稳定性和景观美观性 4 个指标占比较大。从实例分析可知,衢江万亩水田项目在生态效益各方面都要优于白鹤滩土地整治项目,客观地体现了项目实际,表明该评价体系合理可行。

(4) 通过对实例评价进行分析,笔者对土地整治的生态效益提升有一些建议:以衢江万亩农田为代表的发达地区的土地整治在追求土地数量与质量的双平衡的同时,应在可持续发展、高标准建设、因地制宜、科技先导、统筹城乡的原则下,加强保护农业生态环境,提升农业景观建设,加强美丽乡村建设和农旅融合,努力打造“土地整治+”和“智慧农业”相结合的模式。而以白鹤滩土地整治项目为代表的欠发达地区的土地整治,应在加强基础设施建设的同时,在西部大开发战略背景下坚持以加强基本农田建设和生态退耕为主,努力保护脆弱的生态环境。

(5) 本方法也有一些需要改善的地方,评价体系中仍有较多定性的指标,应努力探索更多具有代表性且具备科学性的定量指标,减少因此而引起的信息丢失。

参考文献:

- [1] 李岩,欧名豪,赵庚星.土地整理的区域生态环境影响评价研究[J].生态环境学报,2010,19(2):398-403.
- [2] 丁向华,姜照,罗良伟,等.基于生态环境保护视角的土地整理生态效益评价:以成都市三河镇土地整理项目为例[J].资源科学,2011,33(11):2055-2062.
- [3] 刘峻岭,李申,孟伟庆.基于景观格局与生态过程的土地整理生态效应评价:以天津市七里海镇为例[J].中国农业资源与区划,2014,35(1):95-101.

- [4] Rafael Crecente, Carlos Alvarez, Urbano Fra. Economic, social and environmental impact of land consolidation in Galicia[J]. *Land Use Policy*, 2002, 19(2):135-147.
- [5] 师子峰.层次分析法在丘陵地区土地整治生态效益评价中的应用:以重庆市黄泥堡项目区为例[J].*安徽农学通报*, 2010, 16(9):47-49.
- [6] 邓胜华,梅昀,胡伟艳.基于模糊模型识别的石碑坪镇土地整治社会生态效益评价[J].*中国土地科学*, 2009, 23(3):72-75.
- [7] 吴怀静,杨山.基于可持续发展的土地整治评价指标体系研究[J].*地理与地理信息科学*, 2004, 20(6):61-64.
- [8] 李岩,赵庚星,王瑗玲,等.土地整治效益评价指标体系研究及其应用[J].*农业工程学报*, 2006, 22(10):98-101.
- [9] 张雪松,张茂茂,王全喜,等.基于CW-GRAP模型的随州市土地整治综合效益评价[J].*水土保持研究*, 2019, 26(3):324-330.
- [10] 陈利根,于娜,曲欣,等.土地整理生态效益评价指标体系研究及应用[J].*安徽农业科学*, 2008, 36(20):8732-8734,8742.
- [11] 郭金玉,张忠彬,孙庆云.层次分析法的研究与应用[J].*中国安全科学学报*, 2008, 18(5):148-153.
- [12] 王小川,史峰,郁磊,等. MATLAB神经网络 43 个案例分析[M].北京:北京航空航天大学出版社, 2013.8.
- [13] 邓雪,李家铭,曾浩健,等.层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J].*数学的实践与认识*, 2012, 42(7):93-100.
- [14] Robert H N. Theory of the backpropagation neural network[R]//Ijcn:Neural Networks, 1989.
- [15] 焦斌,叶明星. BP神经网络隐层单元数确定方法[J].*上海电机学院学报*, 2013, 16(3):113-116,124.

(上接第 310 页)

- [16] 解雪峰,吴涛,肖翠,等.基于PSR模型的东阳江流域生态安全评价[J].*资源科学*, 2014, 36(8):1702-1711.
- [17] Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets[J]. *Ecological Indicators*, 2012, 21:17-29.
- [18] 陈星.区域生态安全空间格局评价模型的研究[J].*北京林业大学学报*, 2008, 30(1):21-28.
- [19] 程滔.一种全国陆地生态系统服务价值的大数据计算与分析方法[J].*测绘通报*, 2018(8):41-46.
- [20] 吴娇.重庆市土地覆被变化及生态响应研究[D].重庆:重庆师范大学, 2018.
- [21] 严恩萍,林辉,王广兴,等.1990—2011年三峡库区生态系统服务价值演变及驱动力[J].*生态学报*, 2014, 34(20):5962-5973.
- [22] Chen F, Ge X P, Chen J F. Geostatistical analysis on human impact indexes for land use/cover in Fujian and Taiwan[J]. *Tropical Geography*, 2008, 26(6):518-522.
- [23] 宋文杰,张清,刘莎莎,等.基于LUCC的干旱区人为干扰与生态安全分析:以天山北坡经济带绿洲为例[J].*干旱区研究*, 2018, 35(1):235-242.
- [24] 欧定华.城市近郊区景观生态安全格局构建研究[D].成都:四川农业大学, 2016.
- [25] 蒙吉军,赵春红,刘明达.基于土地利用变化的区域生态安全评价:以鄂尔多斯市为例[J].*自然资源学报*, 2011, 26(4):578-590.
- [26] 齐杨,邬建国,李建龙,等.中国东西部中小城市景观格局及其驱动力[J].*生态学报*, 2013, 33(1):275-285.
- [27] 傅伯杰,刘国华,欧阳志云,等.中国生态区划研究[M].北京:科学出版社, 2013.
- [28] 韩逸,郭熙,江叶枫,等.南方丘陵区耕地景观生态安全影响因素及其空间差异[J].*生态学报*, 2019, 39(17):6522-6533.
- [29] 张明阳,王克林,刘会玉,等.喀斯特生态系统服务价值时空分异及其与环境因子的关系[J].*中国生态农业学报*, 2010, 18(1):189-197.
- [30] 刘艳芳,孔雪松,邹亚峰.不同农村居民点整理模式下的耕地潜力评价模型[J].*武汉大学学报:信息科学版*, 2011, 36(9):1123-1128.
- [31] 段瑞娟,郝晋珉,张洁瑕.北京区位土地利用与生态服务价值变化研究[J].*农业工程学报*, 2006, 22(9):21-28.