

滹沱河山区县域农业生态系统健康评价

赵鹏宇¹, 崔 婧¹, 冯文勇¹, 步秀芹², 郑庆荣³, 徐学选⁴

(1. 忻州师范学院 旅游管理系, 山西 忻州 034000; 2. 广西壮族自治区环境保护科学研究院, 南宁 530000;
3. 忻州师范学院 地理系, 山西 忻州 034000; 4. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:农业生态系统健康是农业生态系统的综合特征,它具有生态结构、功能和抗逆特征,是实现生态农业建设目标的重要保障。根据滹沱河山区农业生态系统的特征和农业生态系统健康的内涵,从生态结构、功能和抗逆3方面选取了17项指标,构建了滹沱河山区农业生态系统健康的评价指标体系。应用层次分析法、综合评判法等多种方法,在县域尺度上对滹沱河山区的6区县进行农业生态系统健康评价。最终得到如下结果:处在亚健康状态的是五台县,处在亚健康状态的是繁峙、忻府区、原平、定襄,代县农业生态系统接近于亚健康状态。其农业生态健康综合评价结果的排名次序为原平>繁峙>定襄>忻府区>代县>五台。

关键词:农业生态系统; 生态系统健康评价; 滹沱河山区

中图分类号:S181

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)03-0315-05

Assessment on Agroecosystem Health in Mountain Area of Hutuo River

ZHAO Pengyu¹, CUI Qiang¹, FENG Wenyong¹, BU Xiuqin², ZHENG Qingrong³, XU Xuexuan⁴

(1. Department of Tourism Management, Xinzhou Teachers University, Xinzhou, Shanxi 034000, China;

2. Scientific Research Academy of Guangxi Environmental Protection, Nanning 530000, China;

3. Department of Geography, Xinzhou Teachers University, Xinzhou, Shanxi 034000, China; 4. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Agroecosystem with many comprehensive characteristics can be assessed through the measurement of its structure, function and resistance. Agroecosystem is very important to realize the healthy development of eco-agriculture. Based on the meaning of ecosystem health and the characteristics of agroecosystem, an assessment index system for agroecosystem in Hutuo River basin was developed from aspects of the structure, function and resistance. This paper used various methods and means such as comprehensive evaluation method and the analytic hierarchy process (AHP) to assess the healthy state of the six districts in Hutuo River basin. At last we got the following results. Agroecosystem in Wutai was not healthy. Agroecosystems of Fanshi, Xinfu, Yuanping and Dingrang were sub healthy, and agroecosystem of Daixian was close to sub-healthy. The order from the best to the worst, among the six districts in Hutuo River basin was Yuanping, Fanshi, Dingrang, Xinfu, Daixian and Wutai.

Keywords: agroecosystem; ecosystem health assessment; mountain area in Hutuo River

农业生态系统是陆地生态系统的重要组成部分,也是为人类提供食物的主要系统,因此日益受到广泛关注。各学者^[1-5]在综合前人的研究基础,提出了较为完整的农业生态系统健康内涵,即具有良好的生态环境、健康的农业生物、合理的时空结构、清洁的生产

方式,以及具有适度的生物多样性和持续农业生产力的一种系统状态或动态过程。目前,农业生态系统健康研究主要集中于评价方法、影响因子等方面^[6-8],滹沱河山区处于半湿润向半干旱过渡气候带,区域内农业生态环境因子差异较大^[9-10],在县域尺度上农业生

收稿日期:2014-07-07

修回日期:2014-08-13

资助项目:2012年忻州师范学院专题研究项目“忻州市滹沱河流域生态保护研究”(ZT201214);2014年忻州师范学院专题研究项目“忻州市资源与生态承载力和生态安全评价研究”(ZT201405);2014年忻州市科技发展规划项目“忻州市滹沱河区生态保护与修复技术研究”;山西省高等学校人文社会科学重点研究基地项目“五台山旅游生态环境研究”(2013336);山西省高等学校人文社会科学重点研究基地项目“五台山自然遗产的形成与保护研究”(2012330)

第一作者:赵鹏宇(1981—),男,山西保德人,硕士,讲师,主要从事水资源与生态保护研究。E-mail:497154516@qq.com

通信作者:徐学选(1966—),男,陕西大荔人,博士生导师,研究员,主要从事水土保持研究。E-mail:xuxuexuan@nwsuaf.edu.cn

态管理水平也表现出差异性^[11],有必要对县域农业生态系统状况进行健康状况评价,从而促进该地区农业可持续发展。

1 滹沱河山区概况与研究方法

1.1 滹沱河区农业概况

滹沱河山区包括忻州市的繁峙、代县、原平、五台、定襄、忻府区六区县,根据 2012 年统计资料,该区共有耕地 26.2 万 hm^2 ,播种面积为 22.6 万 hm^2 ,灌溉面积为 11.6 万 hm^2 ,旱涝保收面积为 6.9 万 hm^2 ,化肥用量折纯为 6.9 万 t,粮食产量为 95.4 万 t。总人口为 199.8 万人,其中非农业人口 87.3 万,农业人口 112.5 万,地区生产总值为 397.7 亿元,其中第一产业增加值为 41.2 亿元,该区是忻州市农业经济较为发达的区域。忻州市共有 28 处万亩以上灌区,其中有 25 处分布在滹沱河区。滹沱河灌区是新中国成立后山西省兴建的第一座大型灌区,也是忻州唯一的大型灌区,位于忻定盆地腹部,总面积约 512 km^2 ,在占全市 4.7% 的种植面积上,产出了占全市 9.4% 的粮食。作物种植以粮食作物为主,经济作物为辅。滹沱河区是忻州市乃至全省的主要商品粮、蔬菜、牛奶生产基地。但近年来,由于人们对土地掠夺式的开采,不合理的利用,导致该区农业生态系统状况愈来愈恶化,对农业的可持续发展产生了巨大影响。

1.2 研究方法

本研究通过建立农业生态系统健康评价指标体系,并确定各指标判断标准构建评价模型。采用综合评判法:农业生态系统各层次及其总体健康综合指数的计算方法是从基层到高层,直到最后复合成一个具体的数值,其数学表达式为:

$$H = \sum W_i W_{ij} G_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中: H ——农业生态系统健康综合指数,用来表征农业生态系统健康的状态; W_i, W_{ij} ——不同层次评价指标权重系数; G_{ij} ——不同层次评价指标的得分数值。在该评价模型中,由于生态系统健康评价中各个方面和各个指标的重要性和贡献率是不一样的,应用层次分析法(AHP)并参考专家的意见确定了指标体系的权重。经构造判断矩阵、层次总排序和一致性检验后,得到指标体系中的总排序权重值。再利用各指标的总排序权重值除以该指标所属层次下的各指标总排序权重之和,得到各层次下各指标的最终权重值。

2 农业生态系统健康评价指标体系构建

滹沱河山区农业生态系统的评价应以该地区生态类型为基础,遵循科学性 with 实用性相结合、系统性

与层次性相统一、静态性与动态性相结合原则,参照中国科学院地理科学与资源研究所武兰芳^[12]、北京林业大学谢花林等^[13-14]的评价体系,选取能反映该地区生物环境和社会经济特征的指标,主要由系统结构、生产功能和抗逆功能 3 个方面组成。系统结构指标主要反映农业生态系统的资源状况和生产结构组成;生产功能指标主要是根据系统产出功能来评价农业生态系统对受益者目标要求的满足程度,即系统提供产品的能力和效率;抗逆功能指标是指农业生态系统运行状态与外部压力或胁迫的关系,及农业生态系统对自然灾害和社会经济风险的应对能力。

鉴于农业生态系统的服务功能是实现经济效益、社会效益和生态效益的协调发展,根据我国农业生产的实际水平与条件,参照我国农村小康社会标准和生态县建设标准,采用专家评判标准赋值法,提出滹沱河山区农业生态系统健康评价的参考标准,并将健康标准分为不健康、亚健康和健康 3 种状态,在这 3 种状态下各指标的属性判断值分别是 1, 5, 10。特别说明的是,对于稳定性指标,暂且认为健康和亚健康两种状态,只要粮食单产和耕地产值不减产或不降低就视为健康,否则为不健康(表 1)。

本研究所涉及度量层指标值主要基于以下途径获取:(1) 人均耕地、劳均耕地、养殖业占农业比重、经济作物占种植业比重、耕地粮食产量、耕地农业产值、人均占有粮食、农民人均纯收入、粮食单产增长率、耕地产值增长率等指标直接或经简单计算来源于忻州市统计年鉴(2011 年)、走向富裕文明的忻州——忻州 60 年发展回顾及滹沱河区 6 县历年农村经济统计资料;(2) 有效灌溉面积比例、旱涝保收面积比例、盐碱地面积比例来源于 2010—2011 年的忻州农田水利统计年报;(3) 标准化生产环境达标率、工业辅助能利用效率、光能利用率、工业辅助能投入等指标根据学术论文和科研报告相关公式计算后获取。

3 滹沱河山区农业生态系统健康评价

从表 3 可以看出,在农业生态系统的结构健康方面,各县排名次序为繁峙>原平>代县>忻府区>定襄>五台。其中繁峙最大为 8.101,其次原平为 7.663。繁峙、原平之所以数值较高,这是因为从资源可供性的两个指标人均耕地和劳均耕地来看,繁峙、原平分别为:0.176, 0.609 hm^2 和 0.155, 0.547 hm^2 ,土地承载度较高,资源可供性健康分值为 10 分,达到健康状态。从资源可取性来看定襄要大于其他区县,这与其境内分布着较多的灌区密切相关。从结构多

样性来看,繁峙达到大最值 8.497,养殖业占农业比重达到 53.9%,达到亚健康向健康水平过度状态,而传统农业区定襄比重仅为 12.7%,处于不健康水平。总的来看定襄、五台农业生态系统的活力处在不健康向亚健康过度的状态,其成因又具有差异性,五台的短板在于资源可供性受到限制,人均耕地面积约为滹

沱河山区平均值的 60.3%。而定襄的短板在于结构多样性较差,80%以上的农业产值来源于粮食生产。因此,对于五台农业生态区要保护好耕地资源,进行集约化生产。对于定襄要充分利用农业区位优势大力发展养殖业和经济作物,避免单一的粮食生产功能,促进农业结构的调整,从而增强农业生态系统的活力。

表 1 滹沱河山区农业生态系统健康评价指标体系^[12-14]及其评判标准

基准层	指标层	度量层	不健康(1)	亚健康(5)	健康(10)
结构特征	资源可供性	人均耕地/hm ²	≤0.08	0.08~0.15	≥0.15
		劳均耕地/hm ²	≤0.10	0.01~0.30	≥0.30
	资源可取性	有效灌溉面积比例/%	≤70	70~90	≥90
		标准化生产环境达标率/%	≤70	70~90	≥90
	结构多样性	养殖业占农业比重/%	≤30	30~50	≥50
		经济作物占种植业比重/%	≤20	20~30	≥30
功能特征	耕地生产力	耕地粮食产量/(kg·hm ⁻²)	≤4500	4500~7500	≥7500
		耕地农业产值/(元·hm ⁻²)	≤5000	5000~10000	≥10000
	生产效果	人均占有粮食/kg	≤200	200~500	≥500
		农民人均纯收入/RMB	≤1000	1000~2500	≥2500
	生态效率	工业辅助能利用效率	≤2.5	2.5~3.5	≥3.5
		光能利用率/%	≤0.3	0.3~0.4	≥0.4
抗逆特征	自生产力	工业辅助能投入/(10 ⁶ J·hm ⁻²)	≥55000	55000~25000	≤25000
	稳定性	粮食单产增长率/%	≤0	—	>0
		耕地产值增长率/%	≤0	—	>0
	抗灾力	旱涝保收面积比例/%	≤50	50~70	≥70
		盐碱地面积比例/%	≥25	25~5	≤5

表 2 滹沱河山区县域农业生态系统健康评价指标权重及现状情况得分

基准层	指标层	度量层	繁峙	代县	五台	忻府区	原平	定襄
结构特征 (0.649)	资源可供性	人均耕地(0.833)	0.176(10)	0.110(5)	0.076(1)	0.126(5)	0.155(10)	0.117(5)
		劳均耕地(0.167)	0.609(10)	0.327(10)	0.289(5)	0.467(10)	0.547(10)	0.286(5)
	资源可取性	有效灌溉面积比例(0.750)	25.6(1)	58.6(1)	24.6(1)	50.4(1)	38.8(1)	78.6(5)
		标准化生产环境达标率(0.250)	98(10)	97(10)	98(10)	95(10)	95(10)	94(10)
	结构多样性	养殖业占农业比重(0.833)	53.9(10)	31.0(5)	40.3(5)	33.3(5)	36.7(5)	12.7(1)
		经济作物占种植业比重(0.167)	15.4(1)	20.5(5)	8.4(1)	8.6(1)	15.8(1)	15.5(1)
功能特征 (0.279)	耕地生产力	耕地粮食产量(0.833)	1901(1)	3056(1)	3253(1)	5635(5)	5201(5)	6876(5)
		耕地农业产值(0.167)	4050(1)	8265(5)	11224(10)	9830(5)	9419(5)	16764(10)
	生产效果	人均占有粮食(0.500)	251(5)	361(5)	340(5)	485(5)	578(10)	735(10)
		农民人均纯收入(0.500)	3236.50(1)	2361.6(1)	2903.5(1)	4485.3(1)	4628.2(1)	5735.9(5)
	生态效率	工业辅助能利用效率(0.833)	1.2(1)	1.3(1)	1.0(1)	1.8(1)	1.6(1)	1.8(1)
		光能利用率(0.167)	0.33(5)	0.31(5)	0.35(5)	0.65(10)	0.55(10)	0.70(10)
抗逆特征 (0.072)	自生产力(0.105)	工业辅助能投入(1.000)	17520(10)	20100(10)	19850(10)	32000(5)	26530(5)	36120(5)
	稳定性	粮食单产增长率(0.167)	0.6(10)	1.1(10)	0.49(10)	1.2(10)	2.0(10)	1.3(10)
		耕地产值增长率(0.833)	6.2(10)	7.5(10)	5.9(10)	0.8(10)	7.8(10)	5.3(10)
	抗灾力	旱涝保收面积比例(0.500)	7.0(1)	36.4(1)	10.2(1)	38.9(1)	23.9(1)	43.3(1)
		盐碱地面积比例(0.500)	5.4(5)	12.2(5)	0.92(10)	15.5(5)	5.0(10)	42.4(1)

注:括号内的数为指标权重系数和得分;度量层单位同表 1。

在农业生态系统的功能健康方面,各县排名次序为定襄>原平>忻府区>五台>代县>繁峙。其中

定襄最大为 5.835,原平和忻府区也接近于 5。从耕地生产力来看,定襄、原平、忻府区处于忻州盆地腹

地,区域内水利设施发达,进而表现为农业生产力较为发达。从生产效果来看,该区域人口集中、工农业经济较为发达,水利灌溉和农业机械化程度较高,最终表现为生产效果较高,而五台、代县、繁峙大部分面积分布于滹沱河河谷两侧的丘陵、低山地区,水土流失较为严重,农业生产基础薄弱,加之山区交通受限,农业生态系统的生态生产力和经济生产力均受到限

制。因此,对于五台、代县、繁峙应该注意保护现有耕地资源,在生态环境保护规划、小流域综合治理中,重视农业生产力的提升,注重协调农林牧业发展,重视粮食生产,提高农民收入。从生态效率来看,工业辅助能利用效率较低,县域表现差异并不大,而光能利用率表现为盆地区大于低山、丘陵区,这与盆地区快速发展的设施农业密切相关。

表 3 滹沱河区农业生态系统健康指数

指标	繁峙	代县	五台	忻府区	原平	定襄
结构健康指数	8.101	5.080	2.356	5.012	7.663	4.903
资源可供性	10.000	5.835	1.668	5.838	10.000	5.000
资源可取性	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250	6.250
结构多样性	8.497	5.000	4.332	4.332	4.332	1.000
功能健康指数	1.430	1.918	2.529	4.422	4.892	5.878
耕地生产力	1.000	1.668	2.503	5.000	5.000	5.835
生产效果	3.000	3.000	3.000	3.000	5.500	7.500
生态效率	1.668	1.668	1.668	2.503	2.503	2.503
抗逆健康指数	8.194	8.194	8.839	7.669	8.314	7.153
自生产力	10.000	10.000	10.000	5.000	5.000	5.000
稳定性	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
抗灾力	3.000	3.000	5.500	3.000	5.500	1.000
综合健康指数	6.246	4.422	2.871	5.039	6.939	5.337

在农业生态系统的抗逆健康方面,各县排名次序为五台>原平>繁峙=代县>忻府区>定襄。从耕地生产力来看,工业辅助能投入表现为盆地区大于低山、丘陵区,盆地地区是典型的农业高投入高产出区。从稳定性来看,6 区县粮食单产增长率和耕地产值增长率均大于 0,处于健康水平。从抗灾力来看,除五台、在原平外,其余 4 区县均处于不健康水平。综合分析表 2 数据,抗逆特征差异主要与工业辅助能投入和盐碱地面积比例有关。

从综合健康综合指数来看,五台农业生态系统处于不健康状态,其分值<5;代县农业生态系统处于接近于亚健康状态,其分值接近于 5;繁峙、忻府区、原平、定襄

农业生态系统处于亚健康状态,10>分值>5(表 3)。综合健康指数的差异主要表现在系统结构和生产功能两方面:从系统结构来讲,2010 年五台县的人均耕地面积为 0.076 hm²,仅为其余 5 区县平均值的一半,滹沱河区共有万亩以上灌区 25 处,而五台县仅有其中 2 处,且为 0.067~0.333 万 hm² 量级,有效灌溉面积为仅为 1 960 hm²(表 4),资源可供相应受到限制,因此结构健康指数较低,农业生态系统健康受到来自人类与环境压力更大。从生产功能来讲,由于农业区位条件的优势,忻定原盆地自古农业发达,水肥气热条件较好,粮食单产较山区高出 1.2 倍多。因此,生产功能平原区与山区表现出巨大差异,最终体现在农业生态健康上。

表 4 滹沱河山区万亩以上灌区概况

县(区)	万亩以上 灌区处数	2~3.33 万 hm ² 灌区		0.33~2 hm ² 灌区		0.067~0.333 万 hm ² 灌区	
		有效灌溉面积/ 10 ³ hm ²	处数	有效灌溉面积/ 10 ³ hm ²	处数	有效灌溉面积/ 10 ³ hm ²	处数
忻府区	3	28.23	1	8.52	2	19.71	—
定襄县	2	15.76	—	12.84	—	—	2
五台县	2	1.96	—	—	—	—	2
原平市	7	21.17	—	—	1	12.6	6
代县	5	10.25	—	—	1	4.68	4
繁峙县	6	8.95	—	—	—	—	6
合计	25	86.32	1	21.36	4	36.99	20

通过上面的分析可知,滹沱河山区农业生态系统健康要达到健康这一标准,还需要做大量的工作来全面提升农业生态系统的质量,如开展生态农业规划,针

对现状农业生态系统健康评价中暴露的结构健康、功能健康和抗逆健康的问题,加大投入,进行生态恢复和重建时来提升该地区农业生态系统的健康水平。

4 结论

(1) 根据生态系统健康的内涵和滹沱河山区农业生态系统的特点, 结合已有研究成果, 从农业生态系统的结构、功能和抗逆 3 个方面选取了人均耕地、劳均耕地、有效灌溉面积比例、标准化生产环境达标率、养殖业占农业比重、经济作物占种植业比重、耕地粮食产量、耕地农业产值、人均占有粮食、农民人均纯收入、工业辅助能利用效率、光能利用率、工业辅助能投入、粮食单产增长率、耕地产值增长率、旱涝保收面积比例、盐碱地面积比例 17 个指标, 构建了滹沱河山区农业生态系统健康的评价指标体系。

(2) 滹沱河山区 6 个区县的农业生态系统综合健康评价的最后结果为: 处在亚健康状态的是五台县; 处在亚健康状态的是繁峙、忻府区、原平、定襄; 代县农业生态系统处于接近于亚健康状态, 它们的排名次序为原平>繁峙>定襄>忻府区>代县>五台。

(3) 农业生态系统健康应是结构健康、功能健康和抗逆健康的问题等的综合体, 单方面的评价虽然较好, 但由于其复合性, 最终的评价结果未必是健康的。存在相互关联性, 其共同作用导致综合生态系统健康的结果。

(4) 本文仅在县域尺度上对滹沱河山区农业生态系统的健康状况进行评价, 受多方面因素的影响, 所对照建立的指标体系还存在一定的局限性, 有待进一步完善。以后将进一步研究探讨该地区农业生态系统健康的动态变化, 希望此项研究有助于改善滹沱河山区农业生态系统的管理水平。

参考文献:

- [1] 章家恩, 骆世明. 农业生态系统健康的基本内涵及其评价指标[J]. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1473-1476.
 - [2] 李春晖, 郑小康, 崔嵬, 等. 衡水湖流域生态系统健康评价[J]. 地理研究, 2008, 27(3): 565-573.
 - [3] 郑钦玉, 户坤, 何艺, 等. 三峡库区农业生态系统综合评价研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 29-35.
 - [4] 王小艺, 沈佐锐. 农业生态系统健康评估方法研究概况[J]. 中国农业大学学报, 2001, 6(1): 84-90.
 - [5] 王静, 尉元明. 甘肃省农业生态系统健康评价[J]. 生态学杂志, 2006, 25(6): 711-715.
 - [6] 罗俊, 王克林, 陈洪松. 西南喀斯特区域农业生态系统评价研究: 以广西河池地区为例[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(3): 165-170.
 - [7] 陇东, 杨勤科, 李锐, 等. 陇东—长武源区土地利用结构与农业生态系统评价[J]. 水土保持学报, 1993, 7(4): 72-76.
 - [8] 赵建波. 山东省威海市农业生态系统健康评价[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2004.
 - [9] 王闰平, 荣湘民. 山西省农业生态经济系统能值分析[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2259-2266.
 - [10] 韩锦涛, 李素清. 山西省农业气候资源的综合开发与区划[J]. 中国农学通报, 2006, 22(12): 267-269.
 - [11] 姚婧婧. 山西省忻州市生态农业指标体系构建与评价研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
 - [12] 武兰芳, 欧阳竹, 唐登银. 区域农业生态系统健康定量评价[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2741-2748.
 - [13] 谢花林, 李波, 刘黎明. 基于压力—状态—响应模型的农业生态系统健康评价方法[J]. 农业现代化研究, 2005, 26(5): 366-370.
 - [14] 谢花林, 李波, 王传胜, 等. 西部地区农业生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3029-3035.
- ~~~~~
- (上接第 314 页)
- [5] 石诗源, 张小林. 江苏省农村居民点用地现状分析与整理潜力测算[J]. 中国土地科学, 2009, 23(9): 52-58.
 - [6] 周华, 周生路, 杨得志, 等. 农村建设用地整理时空布局与模式选择的决策方法[J]. 农业工程学报, 2012(S1): 230-237.
 - [7] 邹利林, 王占岐, 王建英. 山区农村居民点空间布局与优化[J]. 中国土地科学, 2012, 26(9): 71-77.
 - [8] 王玉波, 雷国平, 唐莹, 等. 农村居民点土地整理的效益评价方法探讨[J]. 中国农业资源与区划, 2008, 29(2): 39-43.
 - [9] 周丁扬, 安萍莉, 姜广辉, 等. 泰安市农村居民点整理分区研究[J]. 资源科学, 2011, 33(3): 497-504.
 - [10] 谭雪兰, 段建南, 包春红, 等. 基于 GIS 的麻阳县农村居民点空间布局优化研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(6): 177-180.
 - [11] 王海鸿, 马琼. 甘肃省农村居民点用地整理分区及对策[J]. 经济地理, 2010, 30(12): 2080-2085.
 - [12] 杨悉廉, 杨齐祺, 周兵兵, 等. 县域农村居民点整理的潜力测算与时序分区[J]. 农业工程学报, 2013, 29(12): 235-245.
 - [13] 赵胜男, 崔胜辉, 林剑艺, 等. 基于 SWOT 法和层次分析法的能源发展战略研究[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(9): 189-194.
 - [14] 黄溶冰, 李玉辉. 基于坐标法的 SWOT 定量测度模型及应用研究[J]. 科研管理, 2008, 29(1): 179-187.
 - [15] 曹秀玲, 张清军, 尚国璠, 等. 河北省农村居民点整理潜力评价分级[J]. 农业工程学报, 2009(11): 318-323.
 - [16] 阳利永, 刘秀华. 我国农村居民点整理的 SWOT 分析及战略研究[J]. 农村经济, 2008(11): 45-47.
 - [17] 王秉安, 甘健胜. SWOT 营销战略分析模型[J]. 系统工程理论与实践, 1995(12): 34-41.