

基于熵权 TOPSIS 模型的农业生态环境质量评价——以淳安县为例

余方琪, 刘龙威 (浙江海洋大学经济与管理学院, 浙江舟山 316000)

摘要 以淳安县为例, 采用熵权 TOPSIS 模型从农业生态资源状况、农业环境污染与破坏程度、农业生态环境保护力度和农业经济发展水平 4 个层次对 2015—2020 年其农业生态环境质量进行评价。结果表明, 淳安县农业生态环境质量总体呈现向好趋势, 质量水平相对较高, 同时根据评价结果提出了相应建议, 以期为提升淳安县农业生态环境质量提供参考。

关键词 农业生态环境质量; 熵权 TOPSIS; 淳安县

中图分类号 X 82 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)10-0051-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.10.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Evaluation of Agricultural Ecological Environment Quality Based on Entropy-weight TOPSIS Model—Taking Chun'an County as an Example

YU Fang-qi, LIU Long-wei (School of Economics and Management, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316000)

Abstract Taking Chun'an County as an example, the entropy-weight TOPSIS model was used to evaluate the agricultural ecological environment quality from 2015 to 2020 from the four levels of agro-ecological resources status, agro-environmental pollution and damage degree, agro-ecological environment protection intensity and agricultural economic development level. The results showed that the quality of agricultural ecological environment in Chun'an County showed a good trend on the whole, and the quality level was relatively high. At the same time, this paper put forward corresponding suggestions according to the evaluation results, in order to provide reference for improving the quality of agricultural ecological environment in Chun'an County.

Key words Agricultural ecological environment quality; Entropy-weight TOPSIS; Chun'an County

生态环境是经济发展的基础和前提, 是人类社会赖以生存和发展的物质保障, 从某种意义上来说, 生态环境构成了经济和社会发展的必要条件^[1]。生态环境为人类社会提供生产要素、生产生活的空间以及污染废弃物的消纳场所。农业经济的可持续发展也离不开良好的农业生态环境, 只有加强农业生态环境治理与保护, 坚守生态环境底线思维, 才能够从根本上实现农业经济与农业生态环境的协调发展^[2]。近年来, 我国在保护生态环境进程中发生了历史性、转折性和全局性的变化, 牢固树立“绿水青山就是金山银山”的科学理念, 严格把控环境资源开发, 在经济社会发展中解决生态环境问题, 推动生态文明建设。2018年7月, 国务院农业农村部印发《关于深入推进生态环境保护工作的意见》, 统筹规划农业农村生态环境保护工作, 全面推动农业绿色发展, 建设农业农村生态文明。并陆续出台了《关于做好农业生态环境监测工作的通知》(2019)、《农药包装废弃物回收处理管理办法》(2020)、《农业面源污染治理与监督指导实施方案(试行)》(2021)等一系列保护农业生态环境的政策措施。

尽管各项农业生态环境工作已经取得了积极成效, 但随着近年来我国农业生产活动的不断增强, 过度消耗生态资源、破坏农业生态环境的现象依旧存在, 农业生态环保工作仍面临诸多挑战。农业生态环境质量就是在人类活动下的环境总体变化特征, 对其进行研究有利于更好地识别问题所在, 为农业生态环境保护提供参考依据, 不仅能够提升区域资源的有效利用, 还能促进农业的可持续发展以及区域生态环境的恢复和保护。由此可见, 农业生态环境质量评价对区域的发展具有重要的现实意义。因此, 笔者以淳安县为例,

运用熵权 TOPSIS 模型, 对 2015—2020 年该县农业生态环境质量进行评价, 以期为淳安县提高农业生态环境和农业经济发展提供一定的理论参考。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况 淳安县位于浙江省杭州市西部山地丘陵区, 总面积 4 427 km², 是浙江省区域面积最大的山区县。全县主要由中低山、丘陵、小型平地和水库组成, 地势四周高、中间低, 由西向东倾斜。淳安县拥有一流的生态环境资源和旅游资源, 千岛湖有岛屿 1 078 个, 湖岸线 2 500 km, 湖区面积 573 km², 是国务院首批国家级风景名胜区、全国最大的森林公园。淳安县气候属于中亚热带北缘季风气候, 全年温暖湿润, 雨量充沛, 四季分明, 独特的湖区小气候孕育了蚕桑、茶叶、干水果等优质农产品, 被评为全省农业综合强县。淳安县是传统的农业大县, 2020 年全县实现农林牧渔总产值 54.49 亿元。启用全品类“千岛农产品”农产品区域公用品牌, 多渠道推动农产品产销衔接取得新成效。新认证无公害农产品 2 个、新申报绿色食品 27 个, 新建二维码追溯主体 41 家, 实现绿色有机食品生产主体追溯管理全覆盖。

近年来, 淳安县坚持高标准保护, 生态建设持续加强, 坚定不移地实施“三个五”战略目标, 全力推进省重点生态功能区示范区、“美丽杭州”试验区建设, 加快“秀水富民”, 进一步转变经济发展方式, 全力争当“绿水青山就是金山银山”的样板。与此同时, 两山转化迈出新步。特别生态功能区管理体制、财政体制等重大问题落地明确, 立法工作顺利推进。探索生态产品高水平转化机制, 被列入全省县级生态系统生产总值(GEP)核算试点, 生态系统价值位居全省首位。此外, 绿色农业提质增效, 通过了全国首个国家特色农产品生态气候适宜地认证, 获评省级林下经济产业示范县。

1.2 数据来源与处理 该研究中的各项指标数据主要来源

作者简介 余方琪(1997—), 女, 浙江杭州人, 硕士研究生, 研究方向: 农业管理。

收稿日期 2021-07-26

于淳安县统计年鉴、淳安县环境质量公报、杭州市统计年鉴、杭州市环境状况公报以及杭州市森林资源与生态状况公告等。

该研究结合自身数据的特殊性和实际情况,对原始数据进行了标准化处理,计算公式如下:

$$\text{正向指标: } X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } X'_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (2)$$

式中, X'_{ij} 为第 i 个年份第 j 个指标标准化处理后的值, X_{ij} 为第 i 个年份 j 个指标的值。

1.3 研究方法

1.3.1 熵权 TOPSIS 模型。

(1) 计算评价指标信息熵。计算公式如下:

$$H_i = -K \sum_{i=1}^m P_{it} \ln P_{it} \quad (3)$$

式中, H_i 为第 t 个影响因素信息熵; $P_{it} = \frac{X'_{it}}{\sum_{i=1}^m X'_{it}}$, X'_{it} 为 m 个年份中第 t 个因素指标标准化值; $K = \frac{1}{\ln m}$ 。

(2) 定义评价指标权重。计算公式如下:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{\sum_{i=1}^L (1 - H_i)} \quad (4)$$

式中, w_i 为第 t 个影响因素权重; L 为因素个数; $w_i \in [0, 1]$, 且 $\sum_{i=1}^L w_i = 1$ 。

(3) 确定正理想解与负理想解。根据因子层评价指标矩阵确定各因子指标中的最大值与最小值,进而获得各评价指标的正理想解向量 Z^+ 和负理想解向量 Z^- :

$$Z^+ = \{ \max X_{i1}, \max X_{i2}, \dots, \max X_{im} \} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

$$Z^- = \{ \min X_{i1}, \min X_{i2}, \dots, \min X_{im} \} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

(4) 计算评价对象的欧氏距离。通过权重 w_i 对因子标准化矩阵赋权,求指标的正负理想解 D^+ 与 D^- :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (W_i X_{ij} - W_i X_j^+)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (W_i X_{ij} - W_i X_j^-)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

(5) 求取评价对象贴近度。各评价对象的相对贴近度 δ_i 为:

$$\delta_i = D_i^+ / (D_i^+ + D_i^-) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

式中, δ_i 越大,则表明第 i 个年份农业生态环境质量越好;反之越差。

1.3.2 评价指标体系构建。

1.3.2.1 指标选取原则。农业生态环境质量评价是依据建立的评价指标体系并运用一定的评价方法对某一区域的农业生态环境优劣进行判断,为区域环境保护规划和生态环境修复提供参考^[3]。首先,由于农业生态环境的影响因素较为复杂,其评价指标体系必须要覆盖全面,能够切实有效地反映其质量的动态变化。其次,评价指标体系要尽可能的简单便捷,指标的概念要明确并且易于获取。因此,评价指标选取至少要遵循完整性、代表性、实用性、独立性和可评价性等原则^[4-5]。

1.3.2.2 指标构建。该研究的评价指标构建主要以广泛应用的 PSR 体系为指导,将评价体系划分为目标层、准则层和指标层 3 部分,并从压力、状态和响应 3 个方面考虑主要影响因素指标^[6-8]。在遵循上述指标构建原则的基础上,根据淳安县农业生产的特点并结合路璐等^[9-10]构建的农业生态环境指标体系,将影响淳安县农业生态环境的因素归纳为农业生态资源状况、农业环境污染与破坏程度、农业生态环境保护力度和农业经济发展水平 4 个方面,最后构建淳安县农业生态环境质量评价指标体系如表 1 所示。

表 1 淳安县农业生态环境质量评价指标体系

Table 1 The evaluation index system of agricultural ecological environment quality in Chun'an County

| 目标层 Target level | 准则层 Criteria level | 指标层 Index level | 指标性质 Index nature |
|---|-----------------------|-----------------------------|----------------------|
| 淳安县农业生态环境质量 Agricultural ecological environment quality in Chun'an County | 农业生态资源状况(A) | 人均耕地面积(A ₁) | + |
| | | 有效灌溉面积(A ₂) | + |
| | | 森林覆盖率(A ₃) | + |
| | | 年日照时数(A ₄) | + |
| | 农业环境污染与破坏程度(B) | 农药使用强度(B ₁) | - |
| | | 化肥使用强度(B ₂) | - |
| | | 灾害面积率(B ₃) | - |
| | 农业生态环境保护力度(C) | 环境治理资金投入力度(C ₁) | + |
| | | 封山育林面积(C ₂) | + |
| | | 污水处理率(C ₃) | + |
| | 农业经济发展水平(D) | 农民人均可支配收入(D ₁) | + |
| | | 农业总产值(D ₂) | + |
| | | 粮食亩产量(D ₃) | + |
| | | 农业机械总动力(D ₄) | + |

2 结果与分析

将各指标层的原始数据带入熵权 TOPSIS 模型,确定各指标权重,具体见表 2,最后得出淳安县农业生态环境质量,

如图 1 所示。

由表 2 可知,淳安县农业生态环境质量评价体系中,农业生态资源状况、农业环境污染与破坏程度、农业生态环境

保护力度和农业经济发展水平准则层指标权重分别为 0.264 3、0.201 3、0.251 5、0.283 1,各准则层指标权重分布均衡合理,说明该评价指标体系能够较好地反映农业生态环境质量。其中,在农业生态资源状况系统中,人均耕地面积(A_1)权重最大,为 0.112 5,说明耕地资源在生态环境中起着较为重要的作用;在农业环境污染与破坏程度系统中,农药使用强度(B_1)权重最大,为 0.077 5,表明农药对生态环境质量影响较大,其对水环境、土壤、大气和环境生物都会造成不同程度的破坏;在农业生态环境保护力度系统中,环境治理资金投入力度(C_1)权重最大,为 0.151 8,说明生态环境治理资金投入力度是环境保护程度的重要体现;在农业经济发展水平系统中,粮食亩产量(D_3)权重最大,为 0.102 7,说明粮食产量是推动农业经济发展的重要因素。

表 2 淳安县农业生态环境质量评价指标权重

Table 2 The weight of the agricultural ecological environment quality evaluation index in Chun'an County

| 指标 Index | 权重 Weight | 指标 Index | 权重 Weight |
|-------------|--------------|-------------|--------------|
| A_1 | 0.112 5 | C_1 | 0.151 8 |
| A_2 | 0.046 7 | C_2 | 0.061 1 |
| A_3 | 0.067 9 | C_3 | 0.038 6 |
| A_4 | 0.037 2 | D_1 | 0.039 5 |
| B_1 | 0.077 5 | D_2 | 0.052 3 |
| B_2 | 0.077 0 | D_3 | 0.102 7 |
| B_3 | 0.046 8 | D_4 | 0.088 6 |

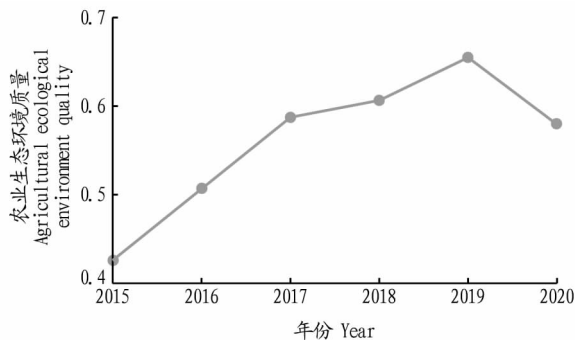


图 1 2015—2020 年淳安县农业生态环境质量

Fig. 1 The agricultural ecological environment quality of Chun'an County from 2015 to 2020

由图 1 可知,2015—2020 年淳安县的农业生态环境质量状况较好,总体呈现上升发展的趋势,仅在 2020 年略有下降。其中,2020 年生态环境质量下降最主要的原因是遭受了大面积的洪涝灾害,生态环境受到不同程度破坏,农业生产受到严重影响,同时新安江水库九孔泄洪一定程度上造成了渔业经济的损失,进而造成农业经济增长幅度变缓。

2015 年淳安县农业生态环境质量仅为 0.426 5,但在 2019 年上升至 0.655 9,提升幅度较大。这主要是得益于“十三五”期间淳安县依据《千岛湖及新安江上游流域水资源与生态环境保护综合规划》以及浙江“两美创建”和“五水共治”的要求,深入落实“千岛湖综合保护工程”,从严保护原生态,大力推进生态修复,切实改善了农业生态环境质量。首

先,在农业生态资源状况方面,淳安县的有效灌溉面积从 2015 年的 9 300 hm^2 增加至 2020 年 9 830 hm^2 ,森林覆盖率也提升至 79.89%,但人均耕地面积出现不断减少现象。其次,在农业环境污染与破坏程度方面,淳安县于 2019 年全面实施农药化肥购买“实名制”,精准向使用药肥的农户提供测土配方、农残检测、统防统治及循环农业等药肥使用指导服务,着力解决农业面源污染问题,大大降低了农药与化肥使用强度,但同时淳安县每年遭受的旱涝灾害相对来说还是较为频繁的,旱涝保收面积有待进一步增加。再次,在农业生态环境保护力度方面,近年来淳安县环境治理资金支出的占财政总支出的比率一直保持在 3.5% 以上,封山育林面积在 2017 年突破 18 万 hm^2 ,2020 年污水处理率达 97.1%,相对来说其生态环境保护的力度还是较大的。最后,在农业经济发展水平方面,农民人均可支配收入、农业总产值和农业机械总动力等指标逐年稳定增加,虽然粮食亩产量有所下降,但农业经济持续向好。

3 结论与建议

3.1 结论 采用熵权 TOPSIS 模型从农业生态资源状况、农业环境污染与破坏程度、农业生态环境保护力度和农业经济发展水平 4 个层次对 2015—2020 年淳安县农业生态环境质量进行了评价,结果发现,淳安县农业生态环境 2015—2020 年呈现向好发展趋势,这主要得益于“十三五”期间淳安县生态环境保护工作的顺利推进,农业生态环境质量得到了进一步提升。农业生态资源状况对农业生态环境质量影响最大,其次是农业生态环境保护力度。但因为生态资源状况受气候条件、地理位置和土壤等自然因素限制较大,在一定时期内难以改变,因此可以从农业生态环境保护角度出发,采取更多切实有效的环保措施,更加主动地参与农业环境治理。

3.2 建议 综上所述,为了进一步提升淳安县农业生态环境质量,实现农业经济与生态环境的可持续发展,针对性地提出以下建议:

(1) 优化县域农业生态环境治理体系,做好顶层设计。政府要坚持问题导向,总结当前农业生态环境保护治理重点问题,升级打好污染防治攻坚战。首先,需要规划好水生态环境规划、县域农业生态环境规划,坚持项目化运作,实施“清单式”管理,建立健全“销号制”机制,形成农业生态环境保护治理工作闭环,做好全面、科学、合理与均衡的顶层设计。其次,加强林业、农业面源治理以及工业与生活点源污染治理,做好污染减量化。推进农业生态系统保护修复,落实湖区生态缓冲带划分方案,实施山林、湿地、流域和湖岸等生态环境修复。此外,完善相关法律法规,保证农业生态环境治理工作有法可依。

(2) 充分发挥多元主体治理效能,建立多元治理机制。农业生态环境质量的提升需要在党委领导下,政府、企业、社会组织和社会公众等多方主体共同参与,才能更好地将制度优势转化为治理效能。首先,需要加强政府组织领导,建立农业生态环境协同治理机制,完善以政府为主导的治理工作

(下转第 58 页)

表 5 研究区底泥重金属地累积指数 (I_{geo})

Table 5 Accumulation index of heavy metals in sediments in the study area

| 研究区 Study area | Cu | Zn | Pb | Cd | Cr | Ni | As | Hg |
|----------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 入湖河口 Into the lake | -0.95 | -0.27 | -0.37 | 1.02 | -1.21 | -0.77 | 0.11 | 0.62 |
| 湖内 In the lake | -0.97 | -0.20 | -0.48 | 1.50 | -1.30 | -0.86 | -0.01 | 0.64 |
| 出湖河口 Out of the lake | -1.25 | -0.30 | -0.56 | 1.26 | -1.64 | -0.85 | 0.46 | -0.19 |

表 6 研究区底泥重金属潜在生态风险指数

Table 6 Potential ecological risk index of heavy metals in sediments in the study area

| 研究区 Study area | E_r^i | | | | | | | | RI |
|----------------------|---------|------|------|--------|------|------|-------|--------|--------|
| | Cu | Zn | Pb | Cd | Cr | Ni | As | Hg | |
| 入湖河口 Into the lake | 3.88 | 1.24 | 5.82 | 92.31 | 1.30 | 4.38 | 16.17 | 82.86 | 207.96 |
| 湖内 In the lake | 3.84 | 1.31 | 5.38 | 126.92 | 1.22 | 4.12 | 14.90 | 101.43 | 259.12 |
| 出湖河口 Out of the lake | 3.15 | 1.22 | 5.08 | 107.69 | 0.96 | 4.15 | 20.58 | 58.57 | 200.95 |

3 结论

(1) 大纵湖(兴化片区)底泥重金属总体污染程度低,其中 Zn、Pb、Cd、As 和 Hg 的平均值均超出背景值,Cd 最大浓度超出风险筛选值,其余重金属均未超出筛选值。

(2) 从底泥重金属时空分布分析得出,底泥重金属主要在秋季、冬季累积;鲤鱼河、中引河为研究区主要污染来源。

(3) 从底泥重金属生态风险评价分析得出,2 种评价方法均得出研究区 Cd 是最大的污染物。

参考文献

- [1] 王毛兰.鄱阳湖流域氮磷时空分布及其地球化学模拟[D].南昌:大学,2007.
- [2] 董志虎.基于上游原水水质分析的松花江哈尔滨段底泥特性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.
- [3] WANG X Z, CAI Q H, YE L, et al. Evaluation of spatial and temporal variation in stream water quality by multivariate statistical techniques: A case study of the Xiangxi River basin, China[J]. Quaternary international, 2012, 282: 137-144.
- [4] LEE C S L, LI X D, SHI W Z, et al. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics[J]. Science of the total environment, 2006, 356(1/2/3): 45-61.

- [5] 方小红,彭渤,张坤,等.沅江入湖河床沉积物重金属污染演化地球化学分析[J].环境科学学报,2018,38(7):2586-2598.
- [6] 才项措毛,周强,毛旭峰,等.高原城市梯级湿地底泥重金属时空分布及生态风险评估[J].安徽农业科学,2020,48(9):88-92,97.
- [7] 李燕,但言,王恕桥,等.嘉陵江重庆段水体富营养化及底泥重金属污染评价[J].西南农业学报,2020,33(9):2069-2074.
- [8] 廖启林,刘聪,许艳,等.江苏省土壤元素地球化学基准值[J].中国地质,2011,38(5):1363-1378.
- [9] 郭云,陈都,王铭,等.阿哈水库沉积物中重金属分布特征及潜在生态风险评估[J].水生态学杂志,2018,39(4):24-30.
- [10] 薛娇,严玉林,刘操,等.北京市典型河道沉积物重金属污染评价[J].北京水务,2020(4):45-51.
- [11] 熊鸿斌,周钢.巢湖市城区黑臭水体综合水质与底泥重金属污染研究[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2020,43(9):1256-1262.
- [12] 王磊,向甲甲,殷瑶,等.河道底泥重金属的含量特征与潜在生态风险评估[J].净水技术,2020,39(10):162-167,172.
- [13] 梁约生,张为,石纲,等.湖北鄂州城市湖泊底泥重金属空间分布特征与污染评价[J].长江科学院院报,2020,37(1):30-36,83.
- [14] 舒伟,陈玥,高阳俊.基于 3 种方法对河道底泥重金属污染评价[J].上海第二工业大学学报,2018,35(1):1-9.

(上接第 53 页)

体系。其次,提高政府农业生态环境保护资金投入力度,可以通过提升农业补贴与税收优惠,积极引导更多的治理主体参与农业生态环境治理,鼓励相关农业企业、农业生产合作社和农民等参与到农业面源污染治理中来。最后,加强农业生态环境保护意识宣传,通过宣传广播、挂横幅、组织宣讲会等方式引导农民转变思想,建立环保意识。

(3) 提升农业科技创新能力,合理利用农业生态资源。一方面,要推动农业科学技术的创新与推广应用,改进农业生产技术,提升资源配置效率,促进农业生态与农业经济的可持续发展。另一方面,加快推进“秀水卫士”等数字化改革特色应用场景建设,加强生态环境保护治理关键核心技术的探索创新、试点应用,不断拓宽“绿水青山就是金山银山”转化通道,持续完善生态产品价值实现机制,以改革创新推动高标准保护、高质量发展。

(4) 完善环境保护监管机制,强化环境监管力度。建立严格的环境监管体系,按照“属地管理、全面覆盖、分级负责、责任到人、动态管理”的原则,全面实施环境监管网格化管

理,实现环境监管纵向到底、横向到边。积极创新环保执法方式,开展上下左右联动执法,有效整合公检法和行政力量,加大对肇事主体的问责追责力度,建立符合淳安实际的执法手册。

参考文献

- [1] 易思瑶.习近平绿色发展理念的实践维度[J].时代人物,2019(10):16-17.
- [2] 高邓.农业生态环境与农业经济协同发展路径研究[J].农业经济,2020(5):18-19.
- [3] 张建杰,崔石磊,马林,等.中国农业绿色发展指标体系的构建与例证[J].中国生态农业学报,2020,28(8):1113-1126.
- [4] 潘紫焯,朱家明,张腾.安徽省农业生态环境质量评价及预测研究[J].延边大学农学学报,2020,42(2):88-95.
- [5] 钱宇程.长江经济带农业生态环境质量评价研究[D].荆州:长江大学,2019.
- [6] 庞冬,赵江南,魏喜强,等.基于熵权物元模型的绿洲农业生态环境质量评价:以库车县为例[J].环境保护科学,2020,46(5):35-42.
- [7] 杨一鹏,蒋卫国,何福红.基于 PSR 模型的松嫩平原西部湿地生态环境评价[J].生态环境,2004,13(4):597-600.
- [8] 樊伟,齐鹏,马丁丑.基于 PSR 模型的张掖市农业生态安全评价[J].国土与自然资源研究,2020(1):12-17.
- [9] 路璐,胡胜德.农业生态环境影响因素分析及评价指标体系的构建[J].东北农业大学学报(社会科学版),2012,10(3):12-14.
- [10] 李妍.农业生态环境质量的综合评价模型构建与实证分析:以绍兴上虞区为例[J].中国农业资源与区划,2017,38(3):143-147.