

河南卫河流域脆弱性评价

聂兵兵¹,蒋贤栋² (1. 四川师范大学,四川成都 610101;2. 四川师范大学西南土地资源评价与监测教育部重点实验室,四川成都 610066)

摘要 结合卫河自身特点和地理环境建立 13 项指标体系,运用基于熵权的模糊数学模型对其脆弱性进行评价。结果表明,鹤壁的脆弱性为 0.69,焦作为 0.55,新乡为 0.39,安阳为 0.36,濮阳为 0.23。最后针对评价结果分析了原因,提出了合理性建议和措施。
关键词 脆弱性评价;模糊综合评价法;熵权法;卫河
中图分类号 S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)31-0077-02

The Vulnerability Evaluation and Research of Wei River Basin in Hena
NIE Bing-bing¹,JIANG Xian-dong² (1. Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610101;2. Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest China, Sichuan Normal University, Chengdu, Sichuan 610101)
Abstract The study select Wei River Basin as the study area. We set up the combined river indicator system with its own characteristics and geographical environment which has 13 indicators and use mathematical model based on entropy weight of fuzzy to make evaluation of its vulnerability. As a result that, Hebi is 0.69, Jiaozuo is 0.55, Anyang is 0.36, Xinxiang is 0.39, Puyang is 0.23. At last, reasonable suggestions and measures were put forward based on the analysis of the reasons for the results.
Key words Vulnerability evaluation; Fuzzy comprehensive evaluation method; Entropy weight method; Wei River

近年来,我国越来越多的地方出现了水污染、缺水等一系列问题。河流流域脆弱性研究为水资源的可持续利用和水源保护提供了有利的参考依据,并对社会的可持续发展具有重要意义。水资源脆弱性研究起初由法国的 Albinet 等^[1]提出,而国内对水资源脆弱性的研究开始于 20 世纪末。水资源分为地表水和地下水,大多数研究针对地下水脆弱性。刘绿柳^[2]和邹君等^[3-4]先后定义了地表水资源脆弱性的概念、内涵、定量评价,以及以衡阳盆地为例做出水资源脆弱性的评价分析。王惠^[5]运用层次分析法和模糊物元分析法对天津市于桥水库地表水脆弱性进行了研究。吕彩霞等^[6]对海河流域脆弱性做出了评价,证明水资源调控措施将会改善海河流域水资源脆弱性。黄友波等^[7]运用定性分析方法,对黑河地区水资源脆弱性进行了研究。白庆芹等^[8-10]分别运用不同数学方法定量分析了滦霸河流域的脆弱性,并提出了城市河流水源地保护措施。笔者以河南卫河为研究区域,在全面考虑研究区域脆弱性影响因素的基础上,建立综合评价指标体系,并依据评价结果,提出合理建议,旨在为豫北地区卫河水资源保护及合理利用提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 卫河在河南省境内的流域面积为 1.5 万 km²,主要支流有大沙河、运粮河、淇河、安阳河、汤河等。卫河主要流经河南的安阳、濮阳、新乡、鹤壁和焦作。这 5 个市是河南省重要的农业区和工业区,人口密度高,养育了河南省 20% 的人口,共有耕地 149 万 hm²,几乎全部实现了农业灌溉。另外,濮阳的石油、安阳的钢铁、新乡的电子和轻工在国内都小有名气。

1.2 指标体系建立 影响河流脆弱性的因素很多,在综合考虑研究区域的地理位置、气候、社会发展等影响因素的同时,还要考虑数据的可获取性和综合性。笔者在参考同类文献^[3,6,8,10-11]的基础上,建立了 13 项指标体系(图 1)。

作者简介 聂兵兵(1986-),女,河南安阳人,硕士,从事水资源与水环境研究。
收稿日期 2016-08-31

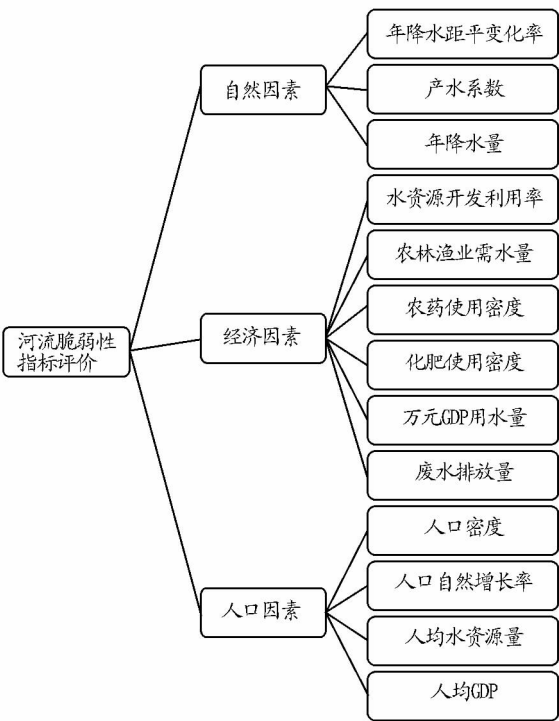


图 1 河南卫河流域脆弱性评价指标体系
Fig.1 The vulnerability evaluation index system of Wei River basin in Henan

13 个指标中,年降水距平变化率(X_1)为当年实际降水量与同期多年平均降水量之差除以多年平均降水量的比值,用来表示研究区年降水的变化程度;产水系数(X_2)用来表示研究区的干旱状况;年降水量(X_3)表示研究区年可获得水量;水资源开发利用率(X_4)用来表示研究区地表水开发利用程度;农林渔业需水量(X_5)表示研究区农业用水状况;农药使用密度(X_6)和化肥使用密度(X_7)用来表示农业对研究区的污染状况;万元 GDP 用水量(X_8)表示研究区的经济发展状况带来的潜在威胁;废水排放量(X_9)表示工业对地表水的污染状况;人口密度(X_{10})和人口自然增长率(X_{11})表示人口

对研究区水资源带来的压力;人均水资源量(X_{12})表示研究区人类对水资源的潜在污染;人均 GDP(X_{13})表示研究区经济发展水平对该区水资源负荷的影响。

在这些指标中, X_3 、 X_{12} 和 X_2 为正向指标,其余为负向指标。该研究采用的数据来源于《2013、2014 年河南统计年鉴》和《2013 年河南水资源公报》。

1.3 熵权法求权重 求权重的方法有定性法和定量法,定量法有层次分析法、极大值法和熵权法等。其中,熵权法是客观赋权法,它是根据原始数据提供的信息量来确定指标的权重大小^[12]。正负向指标分别采用式(1)、(2)对数据进行标准化。笔者采用熵权法求权重,再用模糊综合评价法求出脆弱性结果。

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{imin}}{x_{imax} - x_{imin}} \tag{1}$$

$$x_{ij} = \frac{x_{imax} - x_{ij}}{x_{imax} - x_{imin}} \tag{2}$$

$$H_j = -K \sum_{k=1}^n f_{jk} \ln f_{jk} \tag{3}$$

$(j=1,2,\cdots,m)$

式中 $f_{jk} = \frac{r_{jk}}{\sum_{i=1}^m r_{jk}}$, $k = \frac{1}{\ln n}$,当 $f_{jk} = 0$ 时,令 $f_{jk} \ln f_{jk} = 0$ 。

第 j 个指标的熵权定义为

$$W_i = \frac{1 - H_j}{\sum_{j=1}^m (1 - H_j)} \tag{4}$$

再根据式(3)、(4)求出权重(表 1)。

表 1 河南卫河流域脆弱性评价权重

Table 1 The vulnerability evaluation weights of Wei River basin in Henan

指标 Index	熵 Entropy	权重 Weights
X_1	0.697	0.089
X_2	0.838	0.048
X_3	0.712	0.085
X_4	0.288	0.209
X_5	0.861	0.041
X_6	0.721	0.082
X_7	0.846	0.045
X_8	0.547	0.133
X_9	0.847	0.045
X_{10}	0.847	0.045
X_{11}	0.826	0.051
X_{12}	0.790	0.062
X_{13}	0.780	0.065

1.4 水资源模糊综合评价模型 水资源是一个复杂的系统结构,评价水资源脆弱性的方法有层次分析法、模糊综合评价法、人工神经网络法、数据包络分析法和物元分析法。笔者采取模糊综合评价法^[12]求出脆弱性评价结果,是将熵值法求出的权重(W)与模糊关系矩阵(R)合成运算即可得评价结果。

$$B = W \cdot R \tag{5}$$

式中, W 为权重; R 为数据标准化后的模糊关系矩阵。

$R =$

0.730	0.494	1.000	0.034	0
0.492	0.634	0.598	1.000	0
0.032	1.000	0.828	0.952	0
0.071	0.071	0	1.000	0
0.984	0.911	1.000	0.914	0
0.186	0	1.000	0.555	0.204
0.809	0.533	1.000	0	0.701
0.018	0	1.000	0.140	0.335
0.730	0.571	1.000	0.950	0
0.889	1.000	0.556	0	0.944
1.000	0.432	0	0.642	0.484
0	0.923	1.000	0.388	0.311
0.599	0	1.000	0.177	0.719

2 结果与分析

运用以上模型求出卫河流域的脆弱性,结果表明,濮阳为 0.23,安阳为 0.36,新乡为 0.39,焦作为 0.55,鹤壁为 0.69。可见,河南卫河流域整体脆弱性程度比较严重。其中,鹤壁最为严重,它的人口自然增长率达到 5.61‰,农药和化肥使用密度分别为 12 和 641 kg/hm²,人口压力和农业压力极大影响了鹤壁的卫河脆弱性。另外,水资源开发利用率和人均 GDP 对安阳和濮阳的影响比较突出,这是由于水资源的不合理开发利用以及经济的快速发展使水资源超负荷。从地理位置来看,这些地区位于卫河中游,人口众多,农业发展强度较大,农药的过度使用导致卫河中游脆弱性强。总之,经济因素和人口因素对卫河流域脆弱性的影响较大。

3 建议

河流径流是水资源的重要组成部分,是地区经济和社会发展的重要影响因素。因此,河流脆弱性的研究成为热点。河流脆弱性与水资源的可持续利用成反比,降低河流脆弱性有助于保护河流水资源。笔者通过对卫河在豫北地区脆弱性研究,发现水资源过度开发利用和农工业发展对水资源压力过大。因此,笔者就以上问题提出几点可行性建议:①豫北地区是河南省重要的农业区,安阳和新乡的农业用水量分别占该省总用水量的 73% 和 72%,因此有效提高农业用水节水率和重复利用率是保护水资源的重要途径,如提高农业灌溉技术,合理调整种植结构,增加集雨装置等。农业污染方面要严格控制农药和化肥使用量。②工业用水的比例失调及工业污水的乱排放也是河流脆弱性的重要影响因素。因此,应减少工业废水排放,加大节水力度,提高废水处理率,提高用水价格等。③河南卫河流域属于干旱地区,地表水开发利用额严重,因此应引入新水源,增加河流水量。④严格控制开发利用量,政府要做好统一规划和调度;对水源的源头做好防止污染和保护工作;提高公民节水意识和保护水源的观念。

参考文献

[1] ALBINET M, MARGAT J. Groundwater pollution vulnerability mapping [J]. Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières Bull BRGM, 1970, 3(4): 13-22.

[2] 刘绿柳. 水资源脆弱性及其定量评价[J]. 水土保持通报, 2002, 22(2): 41-44.

3.2 建议 客观来说,福建省总人口呈持续增长趋势,将人口控制在适度范围内仍是一项长期任务。因此,需制订切实可行的措施,以减缓生态赤字和过剩人口的增长速度,尽可能缓解人口与资源矛盾突出地区的环境压力。为此,笔者从以下两方面提出建议:

第一,降低生态足迹。首先,推动产业结构优化。福建的第三产业虽然比重不低,但是仍有较大发展提升空间,大力发展第三产业带来低能耗和 GDP 高增长,同时也能降低生产消耗的生态足迹。其次,福建经济的发展使居民消费水平的提高,大量生活消费也增加了人均生态足迹,因此可以通过引导居民树立正确的消费观念,提倡绿色消费,改变居民消费模式,调整消费结构,从而珍惜和合理利用资源,有效缓解生态足迹的增长趋势。

第二,提高生态承载力。近年来,福建省各城市的城市化进程加快,城市建设对生产型土地大量占用的现象不可避免。因此,需积极进行土地恢复,加强对耕地、林地的保护,保证有足够土地,以承载增加的人口对土地资源的持续需求。同时,提倡土地适度开发,提高各类生态生产性土地的生态生产力,从而提高生态承载力,提升人口容量。

参考文献

- [1] WACKERNAGEL M, REES W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. *Ecological economics*, 1997, 20(1): 3-24.
- [2] 李玲,沈静,袁媛. 人口发展与区域规划[M]. 北京:科学出版社,2008: 129-136.
- [3] 陈辉圆,方芳,刘勇. 人口容量是一个历史范畴:对人口容量范畴的再认识[J]. *西北人口*, 2005(3): 2-5.
- [4] 刘宇辉,彭希哲. 中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估[J]. *生态学报*, 2004, 24(10): 2257-2262.
- [5] 彭希哲,刘宇辉. 生态足迹与区域生态适度人口:以西部 12 省市为例[J]. *市场与人口分析*, 2004, 10(4): 9-15.

- [6] 唐湘玲,吕新,薛峰. 基于生态足迹的新疆适度人口研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2012, 26(7): 160-164.
- [7] 宋佩玲,田飞. 基于生态足迹模型测算合肥市人口容量[J]. *安徽农业大学学报(社会科学版)*, 2012, 21(4): 23-28.
- [8] 刘亚琦,刘加珍. 基于生态足迹的聊城市生态适度人口研究[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(29): 267-272.
- [9] 福建省统计局. 福建统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [10] BORUCKE M, MOORE D, CRANSTON G, et al. Accounting for demand and supply of the Biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework [J]. *Ecological indicators*, 2012, 24: 518-533.
- [11] 张可云,傅帅雄,张文彬. 基于改进生态足迹模型的中国 31 个省级区域生态承载力实证研究[J]. *地球科学*, 2011, 31(9): 1084-1089.
- [12] 薛若晗. 福建省 2011 年生态足迹分析与生态安全评价[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(14): 6427-6429.
- [13] 世界自然基金会(WWF). 地球生命力报告 2014: 中文版摘要[EB/OL]. (2014-09-29)[2016-07-11]. <http://www.wwfchina.org/content/press/publication/2014/LPR2014summaryCN.pdf>.
- [14] 世界自然基金会(WWF). 中国生态足迹与可持续消费研究报告[EB/OL]. (2014-04-03). [2016-09-05]. <http://www.wwfchina.org/content/press/publication/2014/CN2014footprint.pdf>.
- [15] 世界环境与发展委员会. 我们共同的未来[M]. 王之佳,柯金良,译. 长春:吉林人民出版社,1997: 100-200.
- [16] 国家统计局. 中国统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [17] 福州市统计局. 福州统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [18] 莆田市统计局. 莆田统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [19] 泉州市统计局. 泉州统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [20] 厦门市统计局. 厦门经济特区统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [21] 漳州市统计局. 漳州统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [22] 龙岩市统计局. 龙岩统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [23] 三明市统计局. 三明统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [24] 南平市统计局. 南平统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [25] 宁德市统计局. 宁德统计年鉴 2015[M]. 北京:中国统计出版社,2015.
- [26] 福建省国土资源厅. 福建省第二次全国土地调查主要数据成果公报[EB/OL]. (2014-07-04)[2016-07-11] http://www.mlr.gov.cn/tldzt/tdgl/decdc/dccg/gscg/201407/t20140704_1322754.htm.
- [27] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Statistical Databases [EB/OL]. [2016-07-11] <http://faostat3.fao.org/home/index.html>.

(上接第 78 页)

- [3] 邹君,杨玉蓉,谢小立. 地表水资源脆弱性:概念、内涵及定量评价[J]. *水土保持通报*, 2007, 27(2): 132-135.
- [4] 邹君,谢小立. 亚热带丘陵区地表水资源脆弱性评估及其管理:以衡阳盆地为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(3): 303-307.
- [5] 王惠. 城市地表饮用水源地脆弱性评价方法研究[D]. 天津:天津大学, 2012: 20-51.
- [6] 吕彩霞,仇亚琴,贾仰文,等. 海河流域水资源脆弱性及其评价[J]. *南北水北调与水利科技*, 2012, 10(1): 55-59.
- [7] 黄友波,郑冬燕,夏军,等. 黑河地区水资源脆弱性及其生态问题分析[J]. *水资源与水工程学报*, 2004, 15(1): 32-37.

- [8] 白庆芹,汪妮,解建仓,等. 基于模糊综合评价法的城市河流脆弱性研究[J]. *水土保持通报*, 2012, 32(1): 244-247.
- [9] 雷楠,汪妮,解建仓,等. 城市河流脆弱性诊断体系[J]. *武汉大学学报(工学版)*, 2014, 47(1): 39-45.
- [10] 方正. 城市河流脆弱性评价研究及水源保护区划分应用[D]. 西安:西安理工大学, 2013: 11-34.
- [11] 张先起,梁川. 基于熵权的模糊物元模型在水质综合评价中的应用[J]. *水利学报*, 2005, 36(9): 1057-1061.
- [12] 胡永宏,贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京:科学出版社, 2000: 167-172.