

基于偏联系数定级法的某河流健康评价研究

阳祥媛

(自贡市大安区水利管理站, 四川 自贡 643012)

摘要 随着社会经济不断发展, 河流健康问题日益受到社会各层面的广泛关注, 对河流健康情况进行科学评价, 具有十分重要的理论意义和实践应用价值。本研究以四川省自贡市某河流域为例, 探讨了基于偏联系数定级法的河流健康评价问题。评价结果显示, 该河河道健康水平整体为亚健康水平, 河流下游的健康水平明显低于上游。研究结果可为河流治理和相关研究提供有益的理论和方法借鉴。

关键词 偏联系数法; 河流健康; 组合赋权

中图分类号: TP3; X82

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.25.038

0 引言

河流承担着航运、灌溉、防汛抗旱、优化环境等诸多经济和生态功能, 是人类赖以生存的重要物质基础, 对河流进行治理和保护极为重要^[1]。但是, 从全国范围内来看, 河流的健康状况不容忽视。特别是随着科技和经济的发展, 城镇化建设得到迅速推进, 导致河流原有的自然生态环境遭受不同程度的破坏, 使河流在水生态、水文水资源及水环境方面存在比较严重的问题^[2]。近年来, 我国不断加大河流生态建设和治理力度且初见成效, 但是该领域仍旧存在诸多亟待解决的问题。可以说, 水环境和水生态建设是一项长期性和历史性的问题。同时, 要实现河流的有效治理和保护, 就需要有效了解和评价河流的健康状况, 为水环境治理和生态恢复提供决策支持, 这是一项极为重要的研究课题^[3]。从国家层面来看, 进行积极有效的河流健康评价, 有助于了解河流的健康状态, 分析发现河流生态建设和管理领域的实际问题, 为河流生态管理工作的顺利开展提供现实依据。从公众层面来看, 政府部门通过网站等各种途径公布河流健康评价结果, 有利于广大社会公众了解河流健康状态, 保证广大社会公众的知情权和监督权。

当然, 要做好河流健康评价, 还要有科学、合理的评价方法。在当前的河流健康评价研究中, 大多学者采用层次分析法^[4]、集对分析法^[5]等数据统计模型进行定量评价, 也有学者采用偏联系数法计算评价指标和评价等级之间的贴合度, 但是相关研究主要应用三元偏联系数^[6], 尚未发现采用五元偏联系数在河道健康评价领域的应用。基于此, 此次研究以四川省自贡地区某河为例, 应用改进的五元偏联系数法进行河流健康评价研究, 以便更直接与客观地反映河流的健康状况。

1 研究区概况

四川省自贡市某河流属于长江支流沱江支流釜溪河的支流, 发源于四川省九宫山余脉荣县东兴大尖山, 该河全长 118 km, 流域面积为 733.7 km², 多年天然平均流量为 12.88 m³/s。该河上游流经低山带与丘陵过渡带, 上游河谷幽深, 河床坡降大, 滩口多, 水流急; 中、下游流经浅丘区, 河道迂回曲折, 河床坡降小, 水流平缓。该河流域属于亚热带湿润季风气候, 年平均气温 17.8 ℃, 年均降水量 1 080 mm。流域有水库 6 座, 最大水库库容 58 000 km³, 最小库容约为 300 km³。

2 河道健康评价五元偏联系数定级模型

2.1 评价指标体系的构建

在河流健康评价中, 按照科学性、目的性、时效性和实用性的原则, 结合研究目的以及该河流域的实际情况构建如表 1 所示的健康评价指标体系。

2.2 组合赋权权重计算

在权重计算领域, 有学者通过对传统层次分析法的改进, 提出主客观权重赋权方法, 也就是主客观权重 G1 法^[7]。与传统层次分析法相比, 该方法主要比较不同评价指标之间的重要性, 可以大幅减少评价工作量。但是, 该方法对本研究而言也有一定的不足, 特别是权重本身没有考虑数据的客观性。熵权法主要通过指标的离散程度进行判断, 离散程度越大说明信息熵越小, 对应的指标权重越大。与主观赋权法相比, 该方法主要通过原始数据赋权, 可以对数据中蕴含的客观信息进行有效反映。但是, 该方法得到的权重缺乏主观性且不能单独进行判断。研究中为了弥补上述不足, 利用变异系数修正组合赋权法获得评价指标的权重, 其基本流程如下:

表 1 健康评价指标体系

目标层	准则层	评价指标
河流健康 A	水文水资源 B1	生态流量 C11
		水土保持 C12
		连通指数 C21
	物理结构 B2	植被覆盖 C22
		天然湿地 C23
		水质达标率 C31
	水质状况 B3	水质劣化度 C32
		生物完整性 C41
	水生生境 B4	鱼类保有指数 C42
		堤防建设 C51
	社会服务 B5	社会满意度 C52
		排污口管理 C61
	河道管理 B6	取水口管理 C62

建立组合赋权模型:

$$\omega_j = \alpha \omega_j^m + \beta \omega_j^n \quad (1)$$

式(1)中, ω_j 为组合赋权权重; ω_j^m 为主观权重; ω_j^n 为客观权重; α 为主观权重系数; β 为客观权重系数。

构建目标函数:

$$\max D = \sum_{i=1}^m d_i = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n b_{ij} (\alpha \omega_j^m + \beta \omega_j^n) \quad (2)$$

研究中选择拉格朗日法进行求解, 最后得到组合权重。

2.3 偏联系数模型

集对分析理论的基本原理是对研究对象的确定性和不确定性进行分析, 然后通过关联度计算实现对不同集合的联系, 其基本思路是构造指标值和评价标准等级之间的联系^[8]。对本文研究而言, 可以将样本划分为 5 个等级, 分别为非常健康(等级 5)、健康(等级 4)、一般(等级 3)、不健康(等级 2)和劣态(等级 1), 单指标联系数的计算公式为:

$$u = a + bI_1 + cI_2 + dI_3 + eJ \quad (3)$$

式(3)中, a 、 b 、 c 、 d 、 e 分别为评价指标的各分量, 其中, a 、 e 两个分量分别为同一度和对立度分量, 其余 3 个分量为差异度分量; I_1 、 I_2 和 I_3 分别为 b 、 c 、 d 等 3 个差异度分量的差异度系数, J 为对立度系数。

对式(3)而言, 其五元减法集的对势为:

$$S_j = (a-e) * (1+b+c+d) + 0.5(b-d) * (b+c+d) \quad (4)$$

结合相关研究成果, 式(4)的取值一般可以划分

为如表 2 所示的 5 个等级。其中, 反势和偏反势的指标为河流管理中需要重点关注的指标。

表 2 五元减法集等级和对势值

序号	等级	对势值
1	反势	-1.0 ~ -0.6
2	偏反势	-0.6 ~ -0.2
3	均势	-0.2 ~ 0.2
4	偏同势	0.2 ~ 0.6
5	同势	0.6 ~ 1.0

偏联系数使刻画研究对象同异反确定不确定联系状态的结构函数, 能有效反映联系数分量的动态演化特征。一般来说, 偏联系数大于 1 或小于 1 时, 分别代表同异反状态联系数存在正向或负向发展趋势, 如果偏联系数等于 1, 说明发展趋势处于临界点。对于 1 阶演化, 记联系数向量为 $U = (a, b, c, d, e)$, 则各支持度向量分别为 $S = (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5)$, 对 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 进行大小比较, 并根据支持度最大的原则进行评价等级确定, 也就是其中数据最大者为河流的健康等级。如果同时考虑 1 阶和 2 阶演化, 那么支持度向量为 $S' = (S'_1, S'_2, S'_3, S'_4, S'_5)$ 。比较 $S'_1, S'_2, S'_3, S'_4, S'_5$ 的大小, 数据最大者即为河流的健康等级。

3 健康状况评价

3.1 评价结果

通过该河流域各级政府的水利、农业、气象等部门及相关网站获取与研究有关的相关数据, 对于缺失的部分数据通过现场调查的方式补齐。利用上文构建的模型对该河上游、中游、下游及全流域的评价指标联系数支持度进行计算, 结果如表 3 所示。从支持度的计算结果来看, 该河流域河道整体处于亚健康(等级 3)状态, 上游河段处于健康状态(等级 4), 其余河段均为亚健康状态。究其原因, 主要是该河上游河段位于山地丘陵区, 植被状态好, 流域内没有大量的工矿业分布, 人类活动对河道的扰动作用相对较小, 整体有利于河道生态的保护, 因此河流的健康状态较好。

3.2 问题与建议

由于该河流域工矿业比较发达, 同时缺乏良好的环境保护意识, 导致该流域水体污染情况比较严重。近年来, 该河被列入重点整治河流, 经过多年治理, 该河水质得到了显著改善。再加上当地加大河道治理工作力度, 河道两岸的岸带也有相当程度的改善, 进一步提升了社会公众的满意度。但是, 改河在河流管

表3 各河段健康评价字表联系数支持度计算结果

方法	河段	支持度					评价等级
		等级 1	等级 2	等级 3	等级 4	等级 5	
1 阶	上游	0.762	0.489	0.778	0.783	0.297	等级 4
	中游	0.746	0.358	0.769	0.666	0.323	等级 3
	下游	0.583	0.787	0.701	0.699	0.475	等级 2
	全流域	0.730	0.295	0.770	0.673	0.367	等级 3
2 阶	上游	0.556	0.779	0.770	0.758	0.402	等级 4
	中游	0.602	0.514	0.769	0.766	0.427	等级 3
	下游	0.660	0.587	0.701	0.590	0.570	等级 3
	全流域	0.729	0.520	0.770	0.762	0.471	等级 3

理和生态维护方面也存在一定的问题,直接影响到河流的健康状况。例如:偏联系数的计算结果显示,该河上游、中游、下游三个河段的连通指数和鱼类保有指数指标均为反势,同时关系较密切。究其原因,主要是干流上的闸坝由于建成较早,均未设置鱼道,最终对鱼类造成阻隔。此外,现场调查显示,该河在旱季农业灌溉高峰期仍存在流量偏低的问题;部分水库景观适宜度不足,缺乏文化宣传和娱乐场所;河道沿线有部分私设的农田灌溉取水口,存在一定程度的无序取水现象;部分排污口未按要求设置标志牌。

针对上述问题,建议该河流域生态恢复过程中要注意构建河道生物多样性监测网,结合工程新建和原有水利工程的除险加固,修建必要的鱼道。对河流中上游加大水土保持力度,特别是高标准规划水土流失综合治理举措。进一步加大高标准农田建设,对坡度在 30° 以上的额坡耕地尽量实施退耕还林,最大限度降低农田水土流失率,降低农业面污染。进一步加大下游城区防洪工程建设,提高沿河整体防洪标准。进一步强化流域水资源刚性约束,严格按照相关政策要求进行取水口审批、设计和建设。积极推进农田水利建设,加大用水管理力度,梳理良好的灌溉节水意识,提升农业灌溉用水利用率。

4 结论

通过构建包括6个一级指标和13个二级指标的河流健康评价体系,采用组合赋权法对各评价指标权重进行计算,并利用偏联系数定级法对四川省自贡市某河流的河流健康状态进行定量评价。评价结果表明:该河河道健康水平整体为亚健康水平,且下游的健康状况明显要低于上游。当然,此次研究中评价指标的

选取相对比较简单,系统性还不足,使构建的评价指标体系相对比较单薄,在今后需要进一步优化和完善。此外,偏联系数法的应用需要充足的数据资料,在今后的研究中需要进一步增加数据量,以提升模型的评价精度。

参考文献:

- [1] 沈凯,陈末,梅嘉恒.基于组合赋权和GRA-TOPSIS法的湖南省水资源承载力综合评价[J].水资源开发与管理,2024,10(02):1-7.
- [2] 张祖鹏,张泽贤,刘思远,等.太湖流域河流健康评价指标体系研究及应用[J].人民长江,2023,54(11):8-15.
- [3] 王平,周亮广,金菊良,等.基于集对分析的区域水利高质量发展评价方法[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2024,45(01):52-62.
- [4] 于晓秋,董方慧.河流水生态系统健康评价指标体系和评价方法研究[C]//中国水利学会.2023中国水利学术大会论文集(第五分册).黄河水利委员会山东水文水资源局,2023.
- [5] Zhan J, Wang W, Alcantud J C R, et al. A three-way decision approach with prospect-regret theory via fuzzy set pair dominance degrees for incomplete information systems[J]. Information Sciences, 2022(617): 310-330.
- [6] 刘千禧,金琪华,乔海娟,等.基于熵值修正G2法的改进多指标河流健康评价[J].人民长江,2023,54(09):68-75.
- [7] 宫远乔,刘莹,李铁男,等.北方寒冷地区农村河流健康评价应用研究[J].黑龙江水利科技,2023,51(07):99-102.
- [8] 陆威好,刘博,苏晓鹭,等.基于ESG理念的河流健康评价体系构建[J].人民长江,2023,54(06):34-40.