

基于改进 CRITIC 法的整治建筑物服役状态综合评价

王平义^{1,2}, 张 帆^{2,3*}, 牟 萍², 赵聪聪²

(1. 重庆交通大学 水利水运工程教育部重点实验室, 重庆 400074; 2. 重庆交通大学 国家内河航道整治工程技术研究中心, 重庆 400074; 3. 长江师范学院, 重庆 408100)

摘 要: 航道整治建筑物的综合评价是航道安全维护管理的重要组成部分, 早期确定评价指标的权重多采用主观赋权法, 因主观因素过多而影响评价结果的准确性和决策可靠性。文章针对整治建筑物的综合评价问题引入改进 CRITIC 的客观赋权法, 以长江上游航道为例, 建立了改进 CRITIC 法整治建筑物服役状态综合评价模型, 利用建筑物样本资料本身的数据信息对评价指标的客观权重进行确定, 计算出服役状态综合指标 Z , 并对整治建筑物的服役状态进行了综合评价。研究结果表明, 改进 CRITIC 法对整治建筑物服役状态评价模型的指标权重赋值合理, 综合评价结果与工程实际情况相符, 模型的适用性良好, 综合量化计算结果能够为管理部门提供参考, 可以将该模型应用到航道整治建筑物的综合评价中。

关键词: 改进 CRITIC 法; 航道整治建筑物; 服役状态; 综合评价

中图分类号: U 617.9

文献标识码: A

文章编号: 1005-8443(2022)01-0059-09

内河航道基础设施安全运行是水路畅通的前提。受各种因素影响, 航道整治工程在服役过程中的技术状况随时间发生变化, 整治建筑物服役状态有两层含义, 一是建筑物本身的稳定状态, 二是建筑物服役的目的是否正常实现, 也就是建筑物的整治功能发挥状况。对建筑物的服役状态及时跟踪、监测和评价可以为管理部门提供维护决策的依据, 因此航道整治建筑物的综合评价一直是航道安全维护管理的重要组成部分^[1]。其中权重确定的计算方法在综合评价中是重中之重, 如何给各评价指标准确的赋权一直是评价过程中的难点问题。

前人在整治建筑物的技术状况评价方面已经做了不少有益的探索^[1-3]。早期由于整治建筑物的数据匮乏、信息量不充足, 实测资料收集较困难等原因, 确定权重的方法多采用主观赋权法, 一般是凭专家经验打分或采用试算法确定权重。这些方法主观因素过多, 随意性较大, 评价结果存在一定的偏差, 导致最终决策的准确性和可靠性稍差^[4]。随着先进技术和数字化航道的建成, 内河航道设施的信息采集越来越便利, 数据越来越全面、充足, 使得整治建筑物评价指标的客观赋权成为可能, 其中改进 CRITIC 法就是一种客观赋权法, 可以根据评价对象本身的数据特征计算指标权重^[5]。因此, 本文尝试将改进 CRITIC 法引入航道整治建筑物的综合评价中, 构建整治建筑物服役状态评价模型, 对建筑物进行客观赋权和综合评价, 以为航道管理部门提供更加客观和量化的数据评分作为参考。

1 改进 CRITIC 算法原理介绍

CRITIC 法(Criteria Importance Though Intercrieria Correlation)是 D. Diakoulaki 等^[6]在 1995 年提出的, 其

收稿日期: 2021-08-31; 修回日期: 2022-02-14

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2018YFB1600400); 重庆交通大学研究生科研创新项目(CYB21217); 重庆市社会科学规划项目(2021BS064)

作者简介: 王平义(1964-), 男, 河南周口人, 教授, 主要从事港口及航道工程等研究。

Biography: WANG Ping-yi (1964-), male, professor.

* 通讯作者: 张帆(1987-), 女, 河南襄城县人, 博士研究生。E-mail: zf9214@163.com

基本思路是结合指标的信息量和相关性分配权重,指标的信息量和相关性分别通过指标的变异性指标间的冲突性来反映。指标变异性表示同一个指标对各评价对象取值大小的差异,以指标的标准差来衡量,标准差越大,各对象差异越大,指标提供的信息量越大,则指标的权重越大。指标间冲突性的以指标间的相关系数来衡量,相关系数越大,指标间的正相关性越强,冲突性越低,2个指标提供的信息量重复性越大,则指标占的权重越小。但是指标间的量纲、数量级往往不同,用标准差衡量指标的变异性存在不足。学者对原始 CRITIC 方法进行了改进,通过计算各个指标实测值的变异系数,在克服了指标量纲不同所带来的误差的同时,能够通过指标的差异程度来表示指标的重要性程度。因此,在应用 CRITIC 法计算指标权重时,可以用变异系数代替标准差^[7],这一方法称为改进的 CRITIC 法。具体步骤如下:

(1) 构建初始矩阵。由 m 个评价对象和 n 个评价指标中,第 i 个对象的第 j 个指标取值 x_{ij} 构成原始评价指标数值矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 。

(2) 采用 Z-score 方法对矩阵 X 中各指标值进行标准化处理。分别计算第 j 个指标的均值 \bar{x}_j 和标准差 \bar{S}_j ; 对各个指标值进行标准化,得出标准化矩阵 $X^* = (x_{ij}^*)_{m \times n}$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$\bar{S}_j = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\bar{S}_j} \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

(3) 计算指标的变异系数,第 j 个指标的变异系数

$$V_j = \frac{\bar{S}_j}{\bar{x}_j} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

(4) 根据标准化矩阵 X^* 求相关系数矩阵 $R = (r_{kl})_{n \times n}$

$$r_{kl} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ik}^* - \bar{x}_k^*) (x_{il}^* - \bar{x}_l^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ik}^* - \bar{x}_k^*)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{il}^* - \bar{x}_l^*)^2}} \quad (r_{kl} = r_{lk}; k=1, 2, \dots, n; l=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

式中: r_{kl} 为第 k 个指标和第 l 个指标间的相关系数; \bar{x}_k^* 和 \bar{x}_l^* 分别为标准化矩阵中 X^* 第 k 、第 l 个评价指标实测值的标准化值的平均值。

(5) 计算指标独立性程度的量化系数,第 j 个指标的独立性系数

$$\eta_j = \sum_{k=1}^n (1 - r_{kj}) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

(6) 计算指标的综合信息量,第 j 个指标的综合信息量

$$C_j = V_j \eta_j \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

(7) 确定指标权重,第 j 个指标的权重 ω_j

$$\omega_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

2 改进 CRITIC 法整治建筑物服役状态综合评价模型的建立

2.1 评价指标体系构建

借鉴了前人对整治建筑物技术状况评价和整治功能的研究^[1-3],基于航道整治建筑物服役状态的概念和特性对服役状态影响因素进行筛选,将评价指标分解成“目标-准则-要素”3个层次。以整治建筑物服役状态为目标层,功能保障度、外观形变度、构件完整度和结构稳定度4个指标作为准则层,16个影响因素作为要素层,以长江上游整治建筑物实际情况为代表,建立了航道整治建筑物服役状态评价指标体系,如图

1 所示。

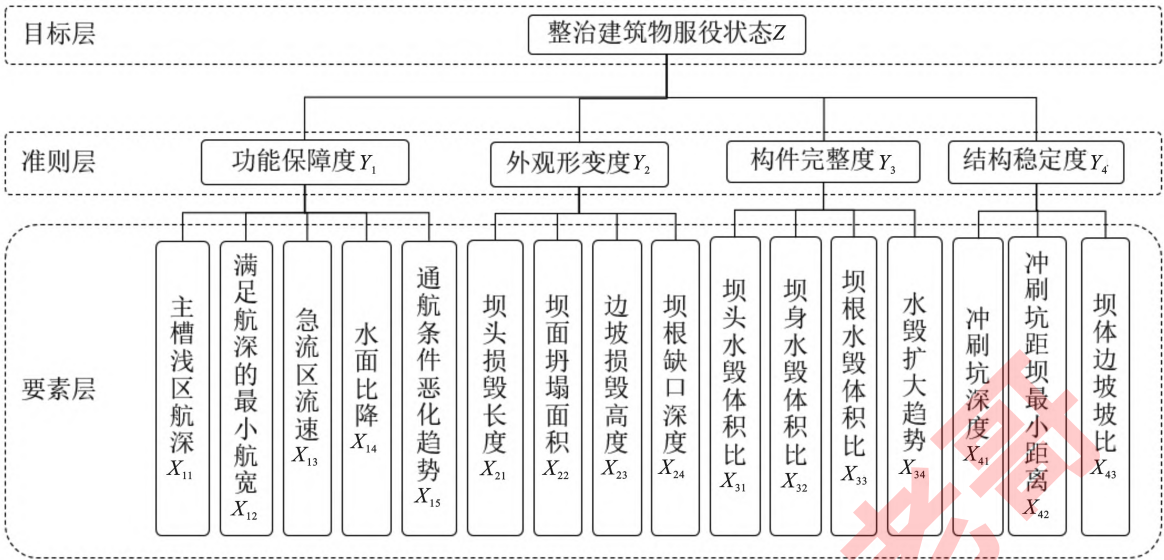


图1 航道整治建筑物服役状态评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of service state of channel regulating structure

以下是对各评价指标的具体说明。

(1) 功能保障度。长江上游航道整治建筑物的主要功能是束水攻沙、冲刷航槽、提高航道尺度和改善通航条件,从筛选指标共性、易获取等原则出发,主要考虑现状航道条件(包括航道尺度和航道水流条件)以及三年内通航条件的恶化趋势。

航道尺度制约了河段的通航水平,选取其中“主槽浅区航深”与“满足航深的最小航宽”两项指标,分别从航道“深度”和“宽度”上反映航道整治建筑物对航道尺度的整治作用。“急流区流速”和“水面比降”两项指标反映整治建筑物对航道水流条件的改善作用。“通航条件恶化趋势”反映整治建筑物所在滩段通航条件的变化。

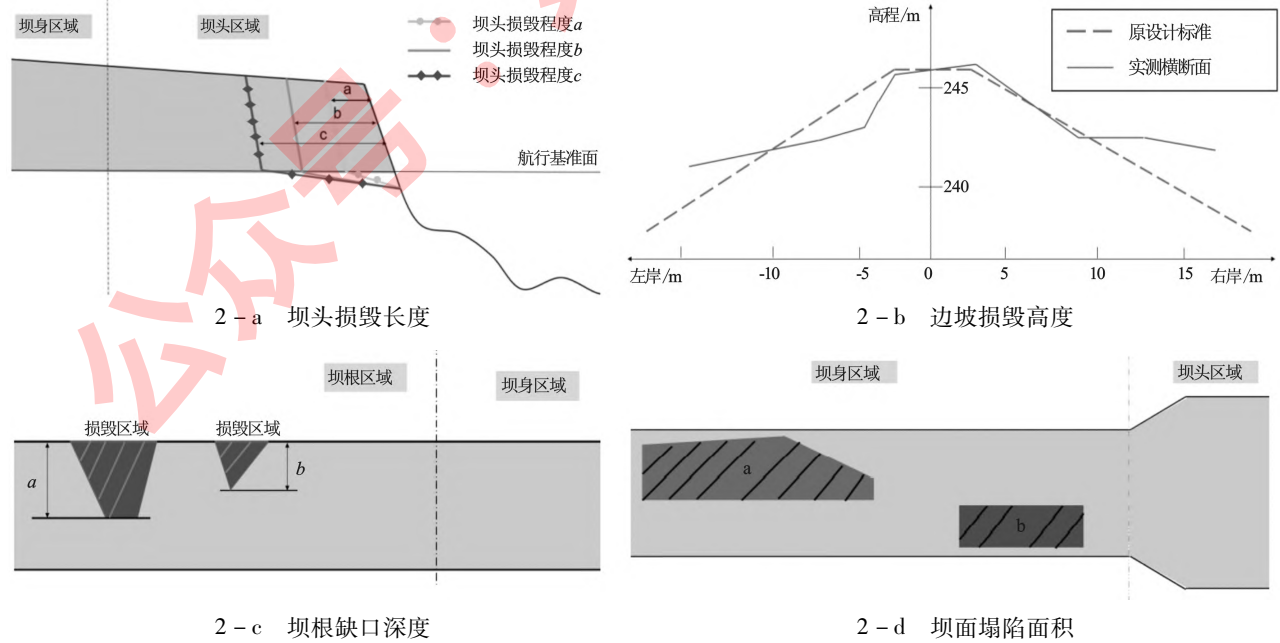


图2 坝体类航道整治建筑物外观形变类型和区域概化示意图

Fig. 2 Exterior deformation types and regional generalization of buildings for dam-like waterway regulation

(2) 外观形变度。外观形变度即建筑物外观损毁变形的程度,是最能直接反映整治建筑物结构外在损

毁状态的指标,通过外观变形可初步判别建筑物各个部位的稳定状态及发展趋势,因此外观变形度是整治建筑物服役状态的主要判别依据之一。长江上游整治建筑物以坝体类为主,损毁形式按其发生的位置可分为坝面损毁、边坡损毁、坝头损毁、坝根损毁和坝体外侧冲刷坑等^[8-9]。根据建筑物的损毁变形特点,外观形变度分别选择坝头损毁长度、坝面塌陷面积、边坡损毁高度和坝根缺口深度4个指标,分别反映坝体建筑物各方面的外观变形程度,图2显示了建筑物外观形变的概化类型和示意区域。

(3) 构件完整度。构件完整度反映坝体建筑物发生水毁后的结构保留程度,对建筑物的维护意见起到重要参考作用。整治建筑物按坝体结构划分可分为坝头、坝身、坝根3个构件部位,各部位受不同致损因素影响,结构完整性上存在不同程度缺陷,常见损毁形式是块石脱落致使结构损毁,破坏原有结构的完整程度。首先选用坝头、坝身、坝根三个部位的损毁体积比作为其中3个评价指标,另外如果构件损毁随时间发展迅速会危及整个结构的稳定性,应该留意建筑物结构完整程度随连续时间序列的变化,判别构件损毁发展趋势,故还需加入水毁扩大趋势作为评价指标,共计4个指标来综合反映整治建筑物在结构上的完整程度。

(4) 结构稳定度。整治建筑物结构稳定度反映建筑物的可靠程度,反映建筑物结构是否存在发生进一步损毁的可能性,是衡量建筑物结构状况的一个重要标准。判别坝体稳定性主要考虑坝体自身结构稳定程度以及附近河床的稳定程度。坝体自身结构稳定性可通过坝体边坡坡比来反映,坡比变化越陡,坝体结构稳定性越差;周围河床稳定性主要以坝体附近冲刷坑发展趋势来体现,选择冲刷坑深度及冲刷坑距坝最小距离2个指标,冲刷坑深度越大、冲刷坑距坝体的距离越小,对坝体结构稳定性影响越大,越容易造成结构失稳,图3显示了冲刷坑概化区域的深度、范围及位置,距坝最小距离如图中的 a 所示。

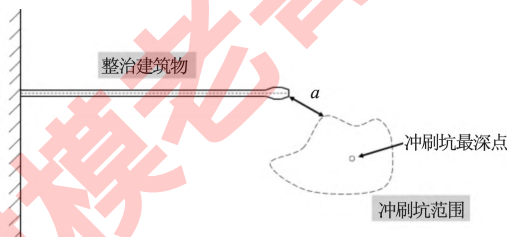


图3 整治建筑物坝头附近冲刷坑示意图
Fig. 3 Schematic diagram of scouring pit near dam head of renovation building

2.2 评价指标评分标准

根据 JTS 304 - 2019《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》、JTJ 287 - 2005《内河航道维护技术规范》和 JTS 258 - 2008《水运工程测量质量检验标准》,参考前人研究成果^[1-3],结合专家咨询意见,对要素层的评价指标确定了5个分值等级,分别赋值100、80、60、40、20。其中,主槽浅区航深和满足航深的最小航宽按实际尺寸来划分等级,参照《长江干线通航标准》(JTS 180 - 4 - 2020)对航道尺度的要求,再结合长江上游航道的实际情况进行评分;通航条件恶化趋势和水毁扩大趋势2项指标与各自近3a的变化相比较,判别单项指标的发展趋势,根据实际状况进行打分;其他指标分值采用与建筑物原设计标准相比较的百分比进行等级划分,具体评分标准见表1。

2.3 基于改进 CRITIC 法的评价指标赋权步骤

改进 CRITIC 法既考虑了指标的信息量又考虑了指标间的相关性,同时利用变异系数代替标准差,能够有效降低指标量纲不同所带来的误差,优越性显著。按照上述介绍的改进 CRITIC 法计算各个评价指标的权重。首先根据计算原理做出客观赋权的算法流程,如图4所示。

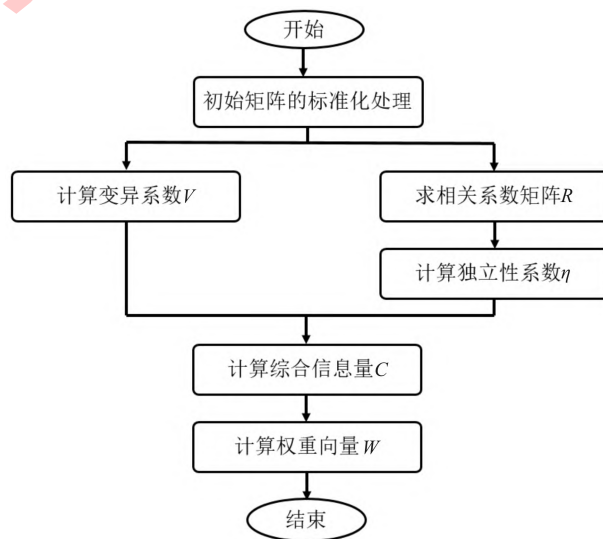


图4 改进 CRITIC 法客观赋权算法流程

Fig. 4 Improvement of the objective weight assignment algorithm flow of CRITIC method

表 1 整治建筑物服役状态评价指标评分标准

Tab. 1 Evaluation index scoring standard of regulating structure in service state

评价指标	分值				
	100	80	60	40	20
主槽浅区航深/m	>3.5	3.3~3.5	3.1~3.3	2.9~3.1	<2.9
满足航深的最小航宽/m	>110	100~110	90~100	80~90	60~80
急流区流速/%	<3	3~10	10~20	20~30	>30
水面比降/%	<3	3~10	10~20	20~30	>30
通航条件恶化趋势	无变化	稍有变化,基本 不影响通航	中度恶化,对通 航造成一定影响	明显恶化,对通 航造成较大影响	急剧恶化, 导致无法通航
坝头损毁长度/%	<5	5~15	15~30	30~50	>50
坝面坍塌面积/%	<5	5~10	10~20	20~40	>40
边坡损毁高度/%	<5	5~10	10~20	20~40	>40
坝根缺口深度/%	<5	5~10	10~30	20~50	>50
坝头水毁体积比/%	<5	5~10	10~20	20~30	>30
坝身水毁体积比/%	<5	5~10	10~20	20~30	>30
坝根水毁体积比/%	<5	5~10	10~20	20~30	>30
水毁扩大趋势	无变化	小范围变化,基本 不影响结构稳定	局部变化,可能 影响到结构稳定	明显变化,对结构 稳定性影响较大	急剧变化, 导致结构失稳
冲刷坑深度/%	<10	10~20	20~30	30~40	>40
冲刷坑距坝最小距离/%	<10	10~20	20~30	30~40	>40
坝体边坡坡比/%	<5	5~10	10~20	20~30	>30

对服役状态评价体系各指标进行客观赋权,具体步骤如下。

(1) 根据原始样本集各指标评分,构造要素层原始评价指标数值矩阵

$$X_p = (x_{ij})_{m \times n}$$

其中, $p=1, 2, 3, 4$ 为准则层指标编号, $j=1, 2, \dots, n$ 为要素层指标对应准则层指标 p 的编号, n 为评价指标个数, $i=1, 2, \dots, m$ 为样本集的样本编号, m 为样本个数;

(2) 输入要素层数据矩阵 X_p ,按照图 5 算法流程计算出要素层权重向量

$$W_p = (w_{pj})_{1 \times 4}$$

(3) 将要素层权重向量 W_p 与要素层数据矩阵 X_p 相乘,得到准则层指标数据组

$$Y_p = W_p X_p^T = (y_{pi})_{1 \times m}$$

将所有数据组组合,构造准则层数据矩阵

$$Y = [Y_1^T, Y_2^T, Y_3^T, Y_4^T]$$

(4) 输入准则层数据矩阵 Y ,再按流程图计算一遍,得到准则层权重向量

$$W = (w_p)_{1 \times 4}$$

(5) w_{pi} 即为要素层各指标的权重值, w_p 即为准则层各指标的权重值。如果要对客观赋权的结果进行检验,将 W 与 Y^T 相乘,即可得到样本集各评价对象的总分。

2.4 整治建筑物服役状态综合评定

某整治建筑物的服役状态最终通过综合指标 Z 反映,采用线性加权综合评价法计算 Z 的分值,具体计算公式为

$$y_p = \sum_j w_{pj} x_{pj} \quad (9)$$

$$Z = \sum_p w_p y_p \quad (10)$$

式中: x_{pj} 为要素层指标 j 对应准则层指标 p 的值,具体分值由表 1 确定; y_p 为准则层指标 p 的值; w_{pj} 为要素层指标 j 对相应准则层指标 p 的权重, w_p 为准则层指标 p 对目标层的权重,根据 2.3 节计算得出。

因为 $x_{pj} \geq 20$,故 Z 值的分布区间在 $[20, 100]$ 。参照 JTS 304-2019《水运工程水工建筑物检测与评估技

术规范》中将整治建筑物技术状况的评价分为四类,相应的可由服役状态综合指标 Z 做出如下定量分类评定。(1) 航道整治建筑物技术状况良好,功能发挥正常的为一类,相应地, $Z = (80, 100]$; (2) 航道整治建筑物有少量变形,但不影响其稳定和整治功能的为二类,相应地, $Z = (60, 80]$; (3) 航道整治建筑物损坏较明显,尚能发挥整治功能,但需及时修复的为三类,相应地, $Z = (40, 60]$; (4) 航道整治建筑物损毁严重或有明显缺陷,已经或即将失去整治功能的为四类,相应地, $Z = [20, 40]$ 。

3 实际算例

3.1 资料概况与指标评分

长江上游河段宜宾至宜昌全长 1 045 km, 流经四川、重庆、湖北两省一市, 是典型的山区河流^[10-11]。该河段内有着河床较为陡峭狭窄、河流水位及流量变化较大的特点。航道条件复杂多变, 为改善水流条件, 提高通航水平, 迄今为止共进行过 6 次系统的长河段治理工程, 已整治滩险共 50 余处, 通过修建航道整治建筑物的方式大大改善了长江上游的水流

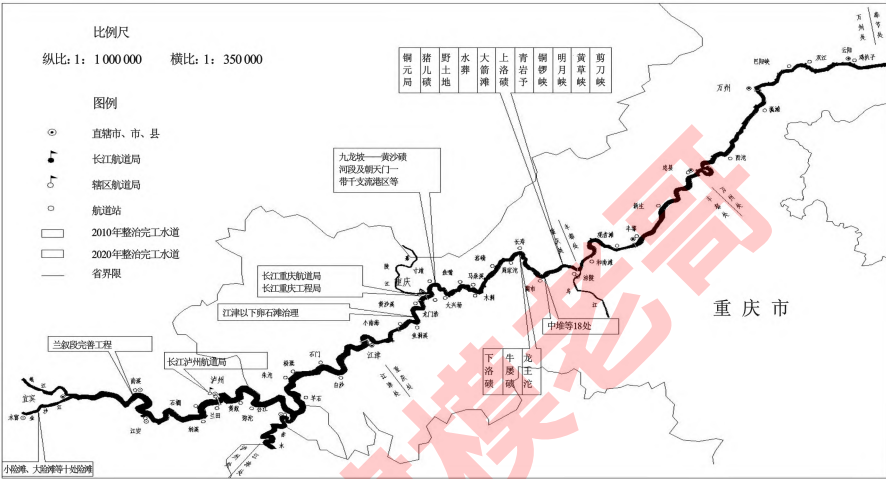


图 5 长江上游航道整治分布情况示意图

Fig. 5 The distribution of waterway regulation in the upper reaches of the Yangtze River

条件, 保障了航道通航水平与航行安全。目前长江上游在役 89 座航道整治建筑物, 其中丁坝 45 座、顺坝 22 座、潜坝 18 座、锁坝 3 座, 图 5 显示了长江上游航道整治的分布情况。

收集 2021 年其中 10 处整治建筑物样本的实测资料(见表 2), 根据整治建筑物服役状态评价指标评分标准(表 1) 对每个建筑物 16 个评价指标进行打分, 结果如表 3 所示。其中, 编号 1~9 的建筑物数据作为客观赋权的样本集, 编号 10 的建筑物数据将作为验证样本在 3.4 节使用。

表 2 长江上游整治建筑物选取样本基本情况统计表(2021 年)

Tab. 2 Statistical of selected samples of renovation buildings in the upper reaches of the Yangtze River (2021)

编号	所属整治工程名称	建筑物名称(类型)	结构形式	最后一次基建工程竣工时间	最后一次维修时间	评定类别	年度维修建议
1	兰叙段一期	火焰碛丁坝	抛石结构	1997 年	2013 年	二类	暂缓维修
2	兰叙段一期	小米滩下丁坝	抛石结构	2006 年	2019 年	二类	暂缓维修
3	兰叙段一期	瓦窑滩碛头坝	抛石结构	1979 年	2017 年	二类	暂缓维修
4	泸渝段整治	神背嘴小罐口堵坝	块石砼结构	2009 年	2014 年	二类	暂缓维修
5	单滩整治	叉鱼碛丁顺坝	抛石结构、砼和条石混合坝顶	2006 年	2013 年	二类	暂缓维修
6	兰叙段二期	红花碛上潜坝	抛石结构	1997 年	无	三类	维修
7	兰叙段一期	东溪口碛头坝	抛石结构、条石压顶	2006 年	无	二类	暂缓维修
8	兰叙段二期	母猪碛碛头坝	抛石结构、条石压顶	2006 年	无	二类	暂缓维修
9	兰叙段一期	甑柄碛丁顺坝	抛石结构、条石坝面	1991 年	2009 年	三类	维修
10	叙泸段一期	筲箕背#1 潜坝	全钢丝石笼结构	2011 年	2012 年	二类	暂缓维修

3.2 基于改进 CRITIC 法的指标赋权

根据 2.3 节的赋权步骤, 求出要素层的权重向量分别为: $W_1 = [0.101\ 5, 0.202\ 8, 0.321\ 5, 0.303\ 5, 0.070\ 8]$; $W_2 = [0.195\ 2, 0.283\ 6, 0.268\ 6, 0.252\ 6]$; $W_3 = [0.218\ 4, 0.230\ 1, 0.401\ 2, 0.150\ 2]$; $W_4 = [0.373\ 6, 0.258\ 8, 0.367\ 5]$; 准则层的权重向量: $W = [0.191\ 7, 0.252\ 0, 0.244\ 5, 0.311\ 9]$ 。统计模型各层的评价指标权重系数, 详见表 4。

表 3 长江上游整治建筑物样本集指标分值(2021 年)

Tab.3 Index scores of the sample set of regulating structure in the upper Reaches of the Yangtze River (2021)

样本 编号	评价指标															
	X11	X12	X13	X14	X15	X21	X22	X23	X24	X31	X32	X33	X34	X41	X42	X43
1	100	80	60	80	80	80	80	60	100	60	60	100	60	40	60	60
2	80	80	100	100	80	80	40	80	100	80	60	100	60	60	60	60
3	100	100	40	60	80	80	80	80	60	80	80	40	60	60	60	60
4	100	100	80	80	80	80	80	40	80	60	60	60	60	80	80	60
5	80	40	80	80	60	80	60	60	80	80	60	80	60	80	80	80
6	100	100	60	60	80	20	40	40	40	20	40	40	40	60	60	40
7	100	100	80	80	80	60	60	60	100	60	80	100	60	100	100	80
8	100	100	80	80	80	60	60	80	100	60	60	60	80	60	80	60
9	100	100	60	40	80	60	40	40	100	60	40	100	60	60	60	60
10	60	60	60	60	80	100	80	80	40	100	80	40	80	100	100	60

3.3 权值的合理性检验

将准则层权重向量与准则层数据矩阵相乘,求得样本集的目标层综合评分 Z 值,与整治工程技术状况实际评级对比结果见表 5,按照 2.4 节中的定量分类标准,7 号样本的综合评分比实际评级稍高,其余评分均在实际评级对应的分值区间内,样本集的综合计算结果与实际工程评级相符率达 89%,说明评价模型各指标赋权合理。

3.4 模型适用性验证

为验证模型的适用性,选取不同区域的整治建筑物资料,对上游宜宾河段的筲箕背#1 潜坝 2021 年的服役状态进行综合评价。

根据表 1 对该建筑物的各项指标评分,结果见表 2;根据式(9)计算出准则层各指标分值: $y_1 = 61$, $y_2 = 74$, $y_3 = 68$, $y_4 = 85$;根据式(10)计算出服役状态综合指标 $Z = 74$ 分,对应建筑物评级为二类,实际评价中对该整治建筑物的技术状况评价也为二类,模型评价结果与工程实际吻合良好。

验证结果表明,本文所建立的改进 CRITIC 法服役状态评价模型可以推广应用到航道整治建筑物综合评价中。

表 4 整治建筑物服役状态综合评价模型指标权重系数

Tab.4 Index weight coefficient of the comprehensive evaluation model for the service state of regulating structure

准则层	Y_p 权重系数	要素层	X_{ij} 权重系数
功能保障度 Y_1	0.191 7	主槽浅区航深 X_{11}	0.101 5
		满足航深的最小航宽 X_{12}	0.202 8
		急流区流速 X_{13}	0.321 5
		水面比降 X_{14}	0.303 5
		通航条件恶化趋势 X_{15}	0.070 8
外观形变度 Y_2	0.252	坝头损毁长度 X_{21}	0.195 2
		坝面坍塌面积 X_{22}	0.283 6
		边坡损毁高度 X_{23}	0.268 6
		坝根缺口深度 X_{24}	0.252 6
		坝头水毁体积比 X_{31}	0.218 4
构件完整度 Y_3	0.244 5	坝身水毁体积比 X_{32}	0.230 1
		坝根水毁体积比 X_{33}	0.401 2
		水毁扩大趋势 X_{34}	0.150 2
		冲刷坑深度 X_{41}	0.373 6
		冲刷坑距坝最小距离 X_{42}	0.258 8
结构稳定度 Y_4	0.311 9	坝体边坡坡比 X_{43}	0.367 5

表 5 客观赋权样本集综合计算结果

Tab.5 Comprehensive calculation results of the objectively weighted sample set

项目	样本编号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
技术状况实际评级	二类	二类	二类	二类	二类	三类	二类	二类	三类
服役状态 Z 计算总分	70	75	65	71	74	48	83	71	64
计算是否与实际相符	是	是	是	是	是	是	否	是	是

4 讨论

在对长江上游整治建筑物进行赋权和综合评价的问题上,本文采用的是改进 CRITIC 法 + 线性加权求总分,文献 [1] 采用的是模糊数学理论 + 贝叶斯网络进行量化计算,两者采用的研究方法各不相同,以下比

较两者差异以及对计算结果的影响:(1)两者在计算评价指标权重方面差异最大,本文的改进 CRITIC 法是基于客观事实资料的赋权方法,没有主观意见干扰,只要资料足够丰富就可以得到令人信服的权重分配,进而可以产生较为满意的计算结果;而文献[1]是通过贝叶斯估计法计算中间节点的条件概率来反映指标的相对权重,在计算条件概率时需要已知贝叶斯网络结构和根节点先验概率,通过将先验概率反馈至贝叶斯网络结构中,需要多次试算才能求解出目标的最大后验概率^[12];(2)前者主要基于客观事实,有事实依据,赋权不需要反复计算,具有一定的普适性(同类型河段中),一次统计即可推广应用,结果精度较高且更加令人信服,同时也受限于客观资料的可靠性和全面性;后者的权重关系靠试算得到,有一定主观性,结果的准确与否依赖于计算次数,达到一定的次数才能得到令人满意的结果,在计算效率和可靠性上有所局限;(3)改进 CRITIC 法和贝叶斯网络评价法均是较为先进、热门的赋权评价方法,已经广泛应用于交通、金融、建筑工程、经济管理等领域^[13-16],但是两者的适用场景有很大差别,在整治建筑物的维护管理中需要根据实际情况选取合适的模型方法进行评价。

5 结论

本文针对航道整治建筑物的综合评价问题引入改进 CRITIC 的客观赋权法,以长江上游航道为例,建立了改进 CRITIC 法整治建筑物服役状态综合评价模型。结合长江上游 9 座整治建筑物的数据资料对评价指标权重进行计算,经过检验,模型各指标权重赋值合理;另将模型应用到不同区域河段对其整治建筑物进行综合评价,结果与工程实际情况相符。同时与文献[1]采用的研究方法进行了对比,结果显示基于改进 CRITIC 法的指标赋权更加客观,不受任何主观偏差的干扰,服役状态综合评价指标 Z 对整治建筑物的综合状态进行了量化,可以为航道管理部门提供一定的参考。改进 CRITIC 法服役状态评价模型可以推广应用到航道整治建筑物综合评价中。

应该注意的是,本文主要依据长江上游整治建筑物的特点构建了服役状态评价指标体系,实际中不同流域、不同河段的整治建筑物特征不尽相同,评价指标应当根据实际情况做出调整,避免生搬硬套。客观赋权法也有其局限,比如忽视了主观知识与经验的重要性,因此在确定指标权重时如何将数据客观信息和专家经验同时纳入考虑,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 李文杰,张浩游,张文,等. 基于模糊贝叶斯网络的长江上游航道整治建筑物技术状况评价研究[J]. 重庆交通大学学报:自然科学版,2020,39(9):112-118.
LI W J, ZHANG H Y, ZHANG W, et al. Technical Status Evaluation of Regulation Buildings in Upper Reaches of Yangtze River Channel Based on Fuzzy Bayesian Network [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University: Natural Science, 2020,39(9):112-118.
- [2] 陈一梅,张梦成. 基于 SVM 的丁坝群束水攻沙功能预测[J]. 水利水运工程学报,2019(3):25-31.
CHEN Y M, ZHANG M C. Predicting the function of spur-dike group restricting rivers based on SVM [J]. Hydro-Science and Engineering,2019(3):25-31.
- [3] 范丽婵. 长江中下游丁坝技术状况评价方法研究[D]. 南京:东南大学,2018.
- [4] 张玉,魏华波. 基于 CRITIC 的多属性决策组合赋权方法[J]. 统计与决策,2012(16):75-77.
- [5] Mukhametzhanov I Z. Specific Character of Objective Methods for Determining Weights of Criteria in Mcdm Problems: Entropy, CRITIC, SD [J]. Decision Making Applications in Management and Engineering, 2021,30:2 104-2 620.
- [6] Diakoulaki D, Mavrotas G, Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method [J]. Computers and Operations Research, 1995,7(22):763-770.
- [7] 王瑛,蒋晓东,张璐. 基于改进的 CRITIC 法和云模型的科技奖励评价研究[J]. 湖南大学学报:自然科学版,2014,41(4):118-124.
WANG Y, JIANG X D, ZHANG L. Research on the Evaluation of Science and Technological Awards Based on Improved CRITIC Method and Cloud Model [J]. Journal of Hunan University: Natural Science, 2014,41(4):118-124.
- [8] 胡旭跃. 航道整治:第二版[M]. 北京:人民交通出版社,2017.

- [9] 王平义,杨成渝,喻涛,等. 长江上游航道整治建筑物水毁机理及监测修复技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [10] 张帆,王平义,喻涛,等. 长江上游航道整治建筑物水毁特征及成因分析 [J]. 中国水运: 下半月, 2013, 13(12): 226 – 227, 314.
- [11] 邓良爱,曾涛,张文江. 长江上游沙卵石河床整治建筑物损毁原因与对策分析 [J]. 水运工程, 2012(10): 92 – 95, 114.
DENG L A, ZENG T, ZHANG W J. Damage cause of waterway regulating structures and countermeasure analysis for sand-pebble shoal in upper of the Yangtze River [J]. Port & Waterway Engineering, 2012(10): 92 – 95, 114.
- [12] 张浩游. 基于模糊贝叶斯网络模型的长江上游航道整治建筑物技术状况评价研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2021.
- [13] 李雪松,蒋宇,刘霄雯,等. 基于改进 Critic-G1 算法的发电商市场力综合评价方法 [J]. 中国电力, 2021(11): 1 – 10.
LI X S, JIANG Y, LIU X W, et al. A Comprehensive Evaluation Method for Market Power of Generation Companies Based on Improved Critic-G1 Algorithm [J]. Electric Power, 2021(11): 61 – 67.
- [14] 刘冠权,王志远,张琳琳. 基于改进 CRITIC 法与云模型的装配式混凝土建筑安全风险评价 [J]. 江苏海洋大学学报: 自然科学版, 2021, 30(3): 82 – 87.
LIU G Q, WANG Z Y, ZHANG L L. Safety Risk Assessment of prefabricated Concrete Buildings Based on Improved CRITIC Method and Cloud Model [J]. Journal of Jiangsu Ocean University: Natural Science Edition, 2021, 30(3): 82 – 87.
- [15] 祝志川,徐铭璐. 基于改进 CRITIC 修正 AHP 的区域新型城镇化与生态环境耦合协调分析 [J]. 吉林师范大学学报: 自然科学版, 2021, 42(4): 36 – 47.
ZHU Z C, XU M L. Coupling Coordination analysis of regional New Urbanization and ecological environment based on CRITIC modified AHP [J]. Jilin Normal University Journal: Natural Science Edition, 2021, 42(4): 36 – 47.
- [16] 李晓松,孔宪卫. 船舶碰撞事故致因及管控措施研究 [J]. 水道港口, 2019, 40(3): 313 – 318.
LI X S, KONG X W. Analysis of vessel collision based on bayesian network and management measures [J]. Journal of Waterway and Harbor, 2019, 40(3): 313 – 318.

Comprehensive assessment of service state of regulating structure based on improved CRITIC method

WANG Ping-yi^{1,2}, ZHANG Fan^{2,3*}, MOU Ping², ZHAO Cong-cong²

(1. Key Laboratory of Hydraulic and Waterway Engineering of the Ministry of Education, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 2. National Engineering Research Center for Inland Waterway Regulation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 3. Yangtze Normal University, Chongqing 408100, China)

Abstract: Comprehensive assessment of channel regulating structure is an important part of channel safety maintenance and management. Subjective weighting method was used to determine the weight of evaluation indexes in the early stage, because many subjective factors affect the accuracy of evaluation results and reliability of decision-making. This paper introduced the objective weight method of improving CRITIC for the comprehensive assessment of regulating structure, took the upper waterway of the Yangtze River as an example, established a comprehensive evaluation model of improving CRITIC method. The objective weight of the evaluation index is determined by using the data information of the building sample data, and the service status comprehensive index Z was calculated, and the service status of the regulating structure was comprehensively evaluated. The results show that the improved CRITIC method of regulating structures serving status evaluation index weight assignment of the model is reasonable, the comprehensive assessment result accords with the engineering actual situation, the applicability of the model is good, the integrated quantitative calculation results can provide reference for management department, the model can be applied to the comprehensive assessment of channel regulating structure.

Key words: improved CRITIC method; channel regulating structure; service status; comprehensive assessment