

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2019.04-08

# 基于 CRITIC-TOPSIS 方法的江西省用水效率评价研究

岳俊涛<sup>1</sup>, 鄢笑宇<sup>1</sup>, 刘启阳<sup>2</sup>

(1. 江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 江西洪都航空工业股份有限公司, 江西 南昌 330024)

**摘 要:**随着社会经济的发展以及最严格水资源管理制度的实施,水资源供需矛盾已经成为制约江西省社会经济发展的关键因素,提高用水效率是当前需要解决的重要问题. 本文基于该问题,利用江西省统计局及水文局数据资料,对全省 11 个地市综合考虑选取人均用水量、万元 GDP 用水量等多个指标建立评价体系,采用 CRITIC-TOPSIS 方法对江西省用水效率进行评价. 评价结果显示江西省各地市用水效率总体上呈上升趋势,九江市、上饶市、赣州市、萍乡市用水效率较高,吉安市、抚州市、南昌市用水效率一般,鹰潭市、宜春市、新余市、景德镇市用水效率较低,以期江西省提高用水效率提供参考.

**关键词:**CRITIC 方法;TOPSIS 方法;评价体系;用水效率

**中图分类号:**TV121 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2019)04-0275-05

水是地球生命之本,人类文明之源,是区域经济社会发展不可或缺的最基本资源,同时也是城市形成和发展的最基础条件.近年来,由于城市化建设加快,水资源问题日益严重,水资源的开发利用面临巨大挑战,水资源与地区经济发展、生态保护之间存在很大矛盾.国务院已陆续下发了有关水资源保护及水资源可持续利用的通知,指出我国水资源形势严峻、水资源短缺等问题已严重制约了经济社会可持续发展,必须要实行最严格的水资源管理制度.本文采用 CRITIC 方法<sup>[1]</sup>与 TOPSIS 方法<sup>[2]</sup>相结合,科学客观地评价江西省各地市用水效率,对江西省实施最严格水资源管理制度、提高用水效率具有一定的现实指导意义.

## 1 CRITIC 方法确定权重

CRITIC 法是由 Diakoulaki 提出的多属性决策问题中的一种客观权重赋权法,该方法主要是基于评价指标的变异性与冲突性来综合确定各个指标的客观权

重.变异性与冲突性越大,其指标权重越大.变异性表示同一指标的取值差距的大小,取值差距越大则标准差  $\sigma$  越大,包含的信息量也越大;冲突性是以指标之间的相关性  $r$  为基础,如两个指标之间具有较强的相关性,说明两个指标冲突性较低,包含的信息量相对较小.

设  $C_j$  表示第  $j$  个评价指标所包含的信息量,则  $C_j$  可以表示为:

$$C_j = \sigma_j \sum_{i=1}^m (1 - r_{ij}) \quad (1)$$

式中: $m$  为评价对象的个数,其他符号意义同上文所述.

$C_j$  越大,第  $j$  个评价指标所包含的信息量越大,该指标的相对重要性也就越大,所以第  $j$  个指标的客观权重表示为:

$$W_j = C_j / \sum_{j=1}^n C_j \quad (2)$$

式中: $n$  为评价指标的个数,其他符号意义同上.

收稿日期:2019-03-07

项目来源:江西省水利厅科技项目(KT201703、201820YBKT08、201820BZ05).

作者简介:岳俊涛(1991-),男,硕士,助理工程师.

由于各指标的量纲不同,指标值之间没有可比性,为了使得指标值之间具有一定的可比性,对于被选中的指标值首先要进行归一化处理。但在归一化处理中,各评价指标对结果的影响作用可分为两种情况,即正影响和负影响,因此,在归一化处理时,对上述两种情况分别采用以下两个公式:

对于正影响的指标,其值越大越好;对于负影响的指标,其值越小越好。

$$\text{正影响: } Y_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min(j)}}{X_{\max(j)} - X_{\min(j)}} \quad (3)$$

$$\text{负影响: } Y_{ij} = \frac{X_{\max(j)} - X_{ij}}{X_{\max(j)} - X_{\min(j)}} \quad (4)$$

式中:  $Y_{ij}$  表示  $i$  对象的  $j$  指标归一化后的值;  $X_{ij}$  表示  $i$  对象的  $j$  指标值;  $X_{\max(j)}$  表示最大值;  $X_{\min(j)}$  表示最小值。

## 2 TOPSIS 方法确定理想点

TOPSIS 法是 C.L.Hwang 和 K.Yoon 提出的一种根据评价对象与理想化目标的贴程度进行排序的方法,是根据现有的评价对象进行相对优劣的评价方法。通过计算评价对象与理想解(评价对象中的最优值)和反理想解(评价对象中的最劣值)的距离来进行排序。如果评价对象与理想解最近且与反理想解距离最远,则该评价对象最优;反之,则该评价对象最劣。本文通过该方法计算江西省各地市用水效率的相对贴程度,相对贴程度越大,表明用水效率越高。

首先将 CRITIC 方法计算得出的权重  $W_j(n)$  与归一化后的矩阵  $Y_{ij}(m \times n)$  相乘,得到加权后标准化的矩阵  $Z_{ij}(m \times n)$ ;然后确定理想解  $Z_{\max(j)}$  与反理想解  $Z_{\min(j)}$ ;之后计算与理想解的距离  $D_{\max(i)}$  和反理想解的距离  $D_{\min(i)}$ 。计算与正、反理想解距离时,采用欧式距离,其计算公式为:

$$D_{\max(i)} = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j (Z_{ij} - Z_{\max(j)})^2} \quad (5)$$

$$D_{\min(i)} = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j (Z_{ij} - Z_{\min(j)})^2} \quad (6)$$

最后计算各评价对象的相对逼近度  $\xi_i$ , 该值取值范围为  $[0, 1]$ , 该值越趋近 1, 表明越逼近理想解。其计算公式为:

$$\xi_i = \frac{D_{\min(i)}}{D_{\min(i)} + D_{\max(i)}} \quad (7)$$

## 3 实例分析

### 3.1 评价指标体系构建

与用水效率相关的评价指标数量众多,本文综合前人的研究成果,在选取评价指标时,以定量评价为主,同时考虑指标的科学性、代表性与可操作性原则,分别从综合、生活、农业、工业、生态环境等方面,参考《江西省水资源公报》中的主要用水指标,选取综合人均用水量、万元 GDP 用水量、城镇居民生活用水量、农村居民生活用水量、亩均灌溉用水量、万元工业增加值用水量(不含火电)、单方水农业产出、人均废污水排放量、人均 COD 排放量等 9 个指标,建立用水效率评价体系(见表 1)。

研究对象为江西省 11 个地市 2013 年~2017 年用水效率,本文研究数据均来自《江西省水资源公报》与《江西省统计年鉴》中统计数据。

### 3.2 评价结果分析

首先对江西省 11 个地市的 9 个计算指标 2013~2017 年的数据进行归一化处理,然后利用 CRITIC 方法确定各计算指标的权重见表 2,指标权重主要根据指标之间的变异性和冲突性来确定,变异性和冲突性越大,指标权重越大。从表中可以看出,各地市的万元 GDP 用水量、农村居民生活用水量以及人均废污水排放量差异性较大。

然后采用所确定的权重指数,根据所选取的江西省 11 个地市的指标数据,利用 TOPSIS 方法对江西省 11 个地市计算其相对贴程度,计算结果见表 3,相对贴程度越大表明用水效率越高。从表 3 中可以看出,其中九江市、上饶市、赣州市、萍乡市用水效率较高,吉安市、抚州市、南昌市用水效率一般,鹰潭市、宜春市、新余市、景德镇市用水效率较低。

图 1 为江西省 11 个地市 2013~2017 年用水效率的相对贴程度与江西省平均降水量的对比图。从图 1 中可以看出,近 5 年各地市用水效率总体呈上升趋势。分析认为是由于最严格水资源管理制度的实施,各地市对工农业用水效率方面加大了投入,万元 GDP 用水量、万元工业增加值用水量以及农田灌溉水有效利用

表 1 用水效率评价指标体系

分类	指标	计算公式	影响模式
综合	综合人均用水量	用水总量/人口	负影响
	万元 GDP 用水量	用水总量/GDP	负影响
生活	城镇居民生活用水量	城镇生活用水量/城镇人口	负影响
	农村居民生活用水量	农村生活用水量/农村人口	负影响
农业	单方水农业产出	农业产值/农业用水量	正影响
	亩均灌溉用水量	灌溉用水量/灌溉面积	负影响
工业	万元工业增加值用水量	工业用水量/工业增加值	负影响
生态环境	人均废污水排放量	废污水排放量/人口	负影响
	人均 COD 排放量	COD 排放量/人口	负影响

表 2 各计算指标权重

指标	人均用水	万元 GDP 用水	城镇生活	农村生活	单方水农业产值	亩均灌溉用水	万元工业 增加值用水	人均废污水 排放量	人均 COD 排放量
权重	0.112	0.135	0.107	0.137	0.098	0.075	0.103	0.146	0.086

表 3 各地市用水效率相对贴进度

地市	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
南昌市	0.45	0.50	0.53	0.52	0.55
景德镇市	0.43	0.45	0.48	0.48	0.42
萍乡市	0.54	0.56	0.60	0.63	0.59
九江市	0.59	0.61	0.70	0.68	0.71
新余市	0.45	0.44	0.52	0.50	0.43
鹰潭市	0.46	0.48	0.48	0.46	0.50
赣州市	0.52	0.57	0.62	0.62	0.63
吉安市	0.51	0.55	0.61	0.61	0.57
宜春市	0.44	0.46	0.49	0.50	0.46
抚州市	0.48	0.53	0.56	0.58	0.61
上饶市	0.58	0.59	0.61	0.63	0.65

表 4 江西省 2013~2017 年降水量

项目	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
降水量	1 464	1 669	2 075	1 997	1 659

mm

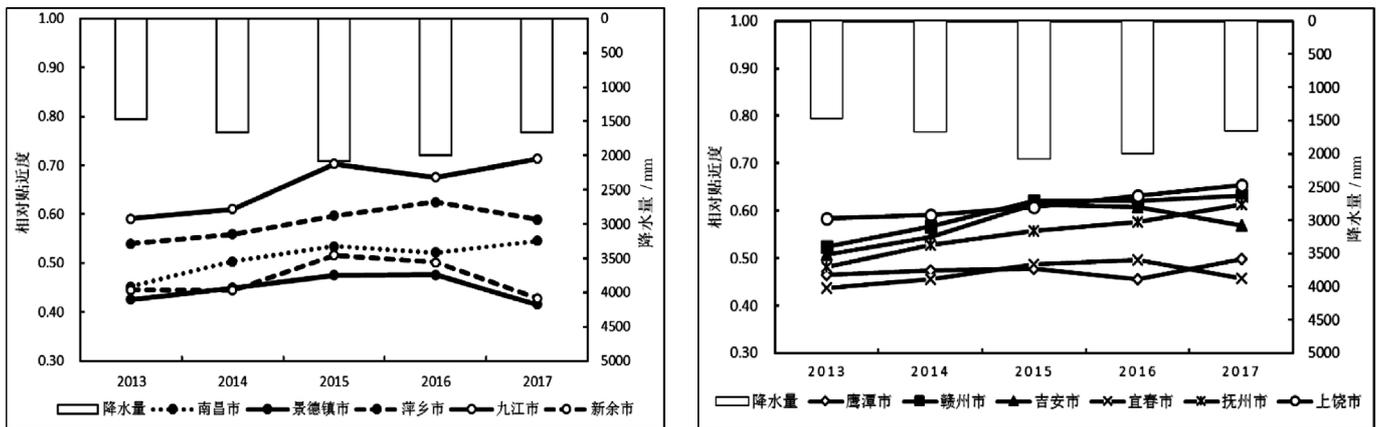


图1 江西省11个地市用水效率的相对贴近度

系数不断地优化而形成的。但是用水过程中仍存在一些问題,各地市居民生活用水量在逐年的攀升,节水意识还不够强,表明各地市对提高居民生活用水效率没有给予足够的重视。

部分地市如景德镇市、萍乡市、新余市、宜春市、吉安市等地市在2016年或2017年用水效率有所下滑,将各年用水效率相对贴近度与年降水量进行对比分析,可以看出2016年、2017年江西省降水均有不同程度的减少。分析认为用水效率下降部分原因是由于降水量减少,灌溉用水增加导致的。

## 4 结 语

本文在建立评价指标体系时,选取了综合、生活、农业、工业、生态环境等5个方面,涵盖面较广,并筛选了9个可以量化具有代表性的评价指标,评价体系较为科学,也具有一定的适用性。采用CRITIC-TOPSIS评价模型对江西省11个地市近5年用水效率进行了定量评价,从评价结果中可以看出,江西省各地市用水效率总体呈上升趋势,同时各地市用水效率也存在一定的差异性,九江市、上饶市、赣州市、萍乡市用水效率较高,吉安市、抚州市、南昌市用水效率一般,鹰潭市、宜春市、新余市、景德镇市用水效率较低。因此建议江西省在制定水资源管理政策时,应该因地制宜,对不同

地市制定有针对性的节水目标和管理措施以提高用水效率。

## 参考文献:

- [1] Diakoulaki D, Mavrotas G, Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method[J]. *Computers & Operations Research*, 1995, 22(7): 763~770.
- [2] Yoon K P, Hwang C L. Multiple attribute decision making: An introduction [J]. *European Journal of Operational Research*, 1995, 4(4): 287~288.
- [3] 江西省水利厅. 江西省水资源公报[Z]. 2013~2017.
- [4] 江西省统计局. 江西省统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2014~2018.
- [5] 姚士谋, 冯长春, 等. 中国城镇化及其资源环境基础[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [6] 朱兆珍, 梁中. 我国省域水资源利用效率评价研究[J]. *河海大学学报(哲学社会科学版)*, 2015, 17(3): 72~78.
- [7] 管新建, 秦海东, 孟钰. 基于CRITIC-TOPSIS-灰色关联度的淮河流域水资源利用效率评估 [J]. *节水灌溉*, 2018, 279(11): 78~81+85.
- [8] 邓丽娟, 马爱玲. 基于CRITIC权重与TOPSIS模型的节水灌溉方案优选[J]. *水科学与工程*, 2010(2): 10~12.
- [9] 白颖, 王红瑞, 许新宜, 等. 水资源利用效率及评价方法若干问题研究[J]. *水利经济*, 2010, 28(3): 1~4.

编辑: 张绍付

## Evaluation of water use efficiency in Jiangxi based on CRITIC-TOPSIS

YUE Juntao<sup>1</sup>, YAN Xiaoyu<sup>1</sup>, LIU Qiyang<sup>2</sup>

(1. Jiangxi Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China;  
2. Jiangxi Hongdu Aviation Industry Co. Ltd, Nanchang 330024, China)

**Abstract:** With the development of social economy and the implementation of the most stringent water resources management system, the contradiction between supply and demand of water resources has become a key factor restricting the social and economic development of Jiangxi Province. Improving water use efficiency is an important problem to be solved at present. Based on this problem, using the data of Jiangxi Statistical Bureau and Hydrological Bureau, this paper establishes an evaluation system for 11 cities in Jiangxi province, taking into account the selection of water consumption per capita, water consumption per 10,000 yuan GDP and other indicators. CRITIC-TOPSIS method is used to evaluate water use efficiency in Jiangxi province, in order to provide reference for improving water use efficiency in Jiangxi province. The evaluation results show that the water use efficiency of all cities in Jiangxi province is on the rise. The water use efficiency of Jiujiang, Shangrao, Ganzhou and Pingxiang is higher, that of Ji'an, Fuzhou and Nanchang is general, and that of Yingtan, Yichun, Xinyu and Jingdezhen is lower.

**Key words:** CRITIC; TOPSIS; Water use efficiency

翻译: 岳俊涛

---

(上接第 251 页)

## Force analysis and optimum research of construction period of U-shaped precast concrete structure in small-scale irrigation works

CAO Junfeng<sup>1</sup>, DAI Guoqiang<sup>2</sup>

(1. Lushan Municipal Water Bureau, Lushan 332800, China; 2. Jiangxi Institute of Water Sciences, Jiangxi Engineering Technology Research Center for Hydraulic Structure, Nanchang 330029, China)

**Abstract:** Damage of prefabricated canal members is common in construction period, so it is urgent to improve the structural bearing capacity of components. Taking prefabricated U-shaped grooves as the research object, the stress characteristics of components construction period are analyzed, and the stress state of components is analyzed by material mechanics and finite element method. If the maximum tensile stress exceeds the ultimate flexural strength of concrete, brittle failure of components occurs. The damage mechanism of components is explained from the perspective of concrete materials. At the same time, some optimization suggestions are put forward for the structure of components such as increasing the local thickness of groove bottom or increasing concrete strength grade. It's a good way to reduce the maximum tensile stress and increase concrete ultimate flexural strength. The actual bearing capacity of component structure could be further enhanced, which is helpful to improve the quality of farmland water conservancy projects.

**Key words:** U-shaped groove; Load analysis; Strength; Damage mechanism

翻译: 曹俊峰