

基于熵权 TOPSIS 的农村饮用水取水模式评价

张银萍, 罗建强

(山东农业大学经济管理学院, 山东 泰安 271018)

摘要:以陕西省渭南地区富平县农村饮用水为研究对象, 根据该地区特殊的地理位置和可选的 3 种取水模式, 构建了取水模式评价指标体系, 提出基于熵权 TOPSIS 的取水模式评价方法。研究结果表明, 评价指标体系和评价方法具有一定的有效性, 评价结果符合当地特征, 可供地区政府决策时参考。

关键词:农村饮用水; 取水模式; TOPSIS; 富平县

中图分类号: F407.9

文献标识码: A

文章编号: 1003-9511(2009)04-0029-03

早在 1980 年我国就将农村饮用水问题提到重要的议事日程, 并于当年召开了全国第一次农村饮用水工作会议; 1984 年国务院转发了水电部《关于农村人畜饮用水工作的暂行规定》, 制定了饮用水困难标准。20 世纪 90 年代, 我国将解决农村饮用水困难问题列入《国家“八七”扶贫攻坚计划》; 2000 年以来, 水利部、国家发展与改革委员会共同编制了《农村人畜饮用水项目建设管理办法》、《关于实施农村饮用水解困工程的意见》、《关于进一步做好农村人畜饮用水解困工作的意见》和《关于加强村镇供水工程管理的意见》等一系列办法和措施。2004 年, 水利部召开了农村饮用水安全工作会议, 并下发《农村饮用水安全工程总体规划及“十一五”规划工作大纲》。

多年来, 我国许多学者从法律管理、行政管理、经济管理、安全管理和工程管理等方面对农村饮用水困难问题进行研究。杨建强等^[1]从主观、客观等不同角度分析, 阐述了我国现阶段农村饮用水存在的问题, 从建立有效的管理监督机制、统筹规划、加强素质教育、加强水源水保护等方面提出了解决农村饮用水问题的对策, 以保证农村饮用水工程安全、良性发展。寇文揆等^[2]认为, 农村牧区供水工程是农村牧区基础设施的重要组成部分, 从水质评价指标、水量指标、方便程度和供水保证率 4 个层面对农村生活饮用水进行了科学、客观的评价, 并指出了评价过程应注意的问题。杨元青等^[3]认为, 近年来农村饮用水安全(水质、水量、方便程度、保证率)得到了改善, 他们以农村饮用水安全中最为关键的指标

——水质作为分析对象, 对农村饮用水水质状况、影响水质安全的因素及存在问题等进行分析, 并提出了保障农村饮用水安全的对策及建议。

以往研究多从宏观角度定性探讨了农村饮用水难的问题, 并提出了相应的对策, 但从微观角度定量的研究较少。本文以陕西渭南地区富平县农村饮用水为研究对象, 根据该地区特殊的地理位置和可选的 3 种取水模式, 构建了评价指标体系, 提出基于熵权 TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution method) 的取水模式评价方法, 论证了该评价指标体系和评价方法的有效性, 从而为该地区政府决策提供参考。

1 农村饮用水取水模式评价指标体系构建

1.1 取水模式界定

目前, 我国经济飞速发展与水资源的环境保护不协调问题已经很突出, 总体表现为饮用水困难问题。我国作为世界上最缺水的 13 个国家之一, 目前许多省份和地区已达到严重缺水的程度, 为此, 许多地区寻求各种解决农村饮用水问题的途径。按照供水水源的不同来划分, 比较常见的供水方式有: 公共开发引水、地下取水、江河取水、地窖存水等。但各种供水水源在项目建设、组织管理等方面差异性较大, 为此, 笔者将供水水源按地缘特征界定取水模式。

1.2 评价指标体系的选择

《全国农村饮用水安全工程“十一五”规划》明确了农村饮用水安全性评价指标体系, 笔者以此为基

作者简介: 张银萍(1974—), 女, 陕西富平人, 硕士研究生, 从事农业资源管理研究。

基础,考虑西部取水的特殊性,选取了水质安全性、水量充足性、取水便利性、水源保证率和取水成本等作为农村饮用水安全评价指标。

a. 水质安全性。为了确保居民生活饮用水安全不受威胁,国家制定了相应的安全标准,即国家《生活饮用水卫生标准》,基本安全标准为《农村实施<生活饮用水卫生标准>》。地区水质安全性的主要衡量指标为安全饮用水普及率。世界上中等发达国家农村安全饮用水普及率为70%以上,发达国家在90%以上。我国的安全饮用水普及率为东部70%、中部40%、西部不到40%^[4]。

b. 水量充足性。在选择适合于地区的取水模式时,水量的充足性也是至关重要的^[5]。评价水量充足性的指标为每人可获得水量。根据国家标准,安全标准为每人可获得的水量不低于40~60L/d,基本安全标准为每人可获得水量不低于20~40L/d。

c. 取水的便利性。取水的便利性是指取水的难易程度,其评价指标一般为人力取水的往返时间。根据国家标准,安全标准为人力取水往返时间不超过10min,基本安全标准为人力取水往返时间不超过20min。

d. 水源保证率。水源保证率是评价水源供水能力的重要指标,以百分率表示。由于受自然环境随机性和蓄水工程调蓄能力的限制,水源在枯水年可供水量降低而不能满足农村饮用水的要求。按照国家有关标准确定水源保证率的标准为:安全标准为水源保证率不低于95%,基本安全标准为水源保证率不低于90%。

e. 取水成本。不同的取水模式都将产生两类成本,即水质处理成本和建设固定成本^[6]。根据水源水质的不同,需要对水源来水进行适当的处理以便达到国家饮用水标准。为了提高取水的便利性,不同地区均需投入部分资金作为建设费用。

综合上述5个基本指标,构建有效的取水模式评价指标体系如图1所示。

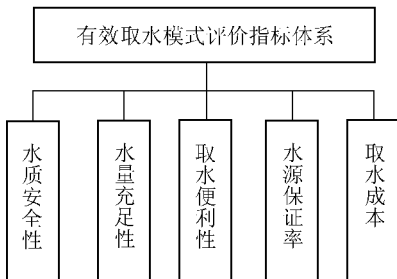


图1 农村饮用水取水模式评价指标体系

2 基于熵权的 TOPSIS 决策方法

TOPSIS 是一种统计分析方法,其基本思想是:

多目标决策中的每个方案都相当于一个多维向量 $X_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$, 可视为 n 维空间中的一点; $X_0(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n})$ 是 n 维空间上一个虚拟的最优点, 它的各个指标值都达到评价对象中的最优值, 称其为理想点。而负理想点 $X^0(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ 与之相反, 它是虚拟的最劣值。通过计算方案点与理想点和负理想点之间的距离, 找到既满足距离理想点较近, 同时距离负理想点较远的方案点, 对应的方案即为满意的方案, 借此对评价对象进行排序^[7]。

综合文献[8]的研究成果, 建立基于熵权 TOPSIS 的评价决策模型, 步骤如下:

a. 建立决策矩阵。设产品生产过程有 m 个阶段, 有 n 个评价指标, 则决策矩阵为 $A = (a_{ij})_{m \times n}$ 。

b. 决策矩阵标准化。由于决策矩阵 A 中量化指标值的量纲不同, 为了使这些量化指标值与质化指标的综合评价量纲一致, 具有可比性, 所以要对决策矩阵 A 进行规范化处理:

$$A' = (a'_{ij})_{m \times n} \quad (1)$$

式中 $a'_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^m a_{ij}$, $j = 1, 2, \dots, n$ 。

c. 确定评价指标的熵权 w_j 。根据信息熵的定义:

$$D(x'_j) = - \sum_{i=1}^m a'_{ij} \ln a'_{ij} \quad (2)$$

求解输出熵

$$D_j = \frac{D(x'_j)}{\ln m} \quad (3)$$

求解指标的差异度

$$K_j = 1 - D_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

从而可计算熵权

$$w_j = \frac{K_j}{\sum_{j=1}^n K_j} \quad (5)$$

d. 建立考虑指标权重的决策矩阵 Z' 。

$$Z' = (z'_{ij})_{m \times n} \quad (6)$$

式中 $z'_{ij} = w_j a'_{ij}$ 。

e. 数据归一化, 得到归一化的矩阵 Z 。

$$Z = (z_{ij})_{m \times n} \quad (7)$$

式中 $z_{ij} = \frac{z'_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m z'_{ij}{}^2}}$ ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$)。

f. 确定指标理想点 $Z_0 = [z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}]$ 与负理想点 $Z^0 = [z_1^0, z_2^0, \dots, z_n^0]$:

$$\begin{cases} z_{0j} = \{ \{ \max_{1 \leq i \leq m} z_{ij} | j \in J^+ \} \cup \{ \min_{1 \leq i \leq m} z_{ij} | j \in J^- \} \} \\ z_j^0 = \{ \{ \min_{1 \leq i \leq m} z_{ij} | j \in J^+ \} \cup \{ \max_{1 \leq i \leq m} z_{ij} | j \in J^- \} \} \end{cases} \quad (8)$$

式中: $J^+ = \{ \text{效益型指标值} \}; J^- = \{ \text{成本型指标值} \}$

g. 计算各单元指标值与理想点和负理想点的距离 S^+ 和 S^- :

$$\begin{cases} S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_{0i})^2} \\ S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_i^0)^2} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (9)$$

h. 计算各单元指标值与理想点的相对接近度 G_i :

$$G_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (10)$$

i. 根据 G_i 的大小排出优劣顺序。

3 实证分析

以陕西省富平县为例,对农村饮用水取水模式进行评价。渭南地区富平县位于陕西省中部关中平原和陕北高原的过渡地带,处于鄂尔多斯地台南边缘、渭河地堑北边缘的斜坡地带。地质构造以祁连山、吕梁山、贺兰山字型前弧东翼南段的成份为主,北西向断裂次之,受新华系干扰复合,地表大部为疏松沉积物,黄土覆盖,总面积 1233 km²。富平县是渭北旱塬地区缺水最严重的县之一,总人口 78 万人,其中农村人口 72.07 万人。全县水资源总量 1.2 亿 m³/a,人均占有水资源量仅 170 m³/a,不到全省人均水平的 1/6、全国人均水平的 1/12,远低于人均 500 m³/a 的国际极度缺水标准。农村人畜饮用水主要是利用浅层地下水和集蓄雨水,但浅层地下水资源贫乏,主要分布在县内的中南部,且大部分地区盐、氟含量超标,全县氟水区、苦咸水区总面积达 620.12 km²。目前,农村地区常用的取水方式为浅层地下水取水和自行挖掘地窖存水的方式,但仅仅依靠这两种方式不能解决 32.6 万人饮用水难的问题。为此,富平县提出建设饮用水工程,并制定了改善农村饮用水战略,旨在实现水资源的有效保护和持续利用。富平县采用 3 种取水模式的相关数据如表 1 所示。

表 1 富平县 3 种取水模式下的基本数据

取水模式	水质安全指标 (L·d ⁻¹ ·人 ⁻¹)	水量充足指标 (L·d ⁻¹ ·人 ⁻¹)	取水往返时间/min	水源保证率/%	取水成本/(元·月 ⁻¹)
地下水取水	40	50	5	12	1
引水工程	60	60	1	95	10
地窖存水	20	20	8	40	3

由表 1 数据及式 (1),可得规范化的决策矩阵:

$$A' = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.385 & 0.357 & 0.082 & 0.071 \\ 0.500 & 0.461 & 0.072 & 0.646 & 0.714 \\ 0.167 & 0.154 & 0.571 & 0.272 & 0.214 \end{bmatrix}$$

利用信息熵的思想,确定评价指标的熵权 W_j :

$$W_j = [0.0877 \quad 0.0867 \quad 0.2233 \quad 0.2592 \quad 0.3431]$$

根据式 (6),考虑指标权重的决策矩阵 Z' 为

$$Z' = \begin{bmatrix} 0.0292 & 0.0334 & 0.0797 & 0.0213 & 0.0244 \\ 0.0439 & 0.0400 & 0.0161 & 0.1674 & 0.2450 \\ 0.0146 & 0.0134 & 0.1275 & 0.0705 & 0.0734 \end{bmatrix}$$

根据式 (7),归一化后的矩阵 Z 为

$$Z = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.075 & 0.357 & 0.082 & 0.071 \\ 0.500 & 0.895 & 0.072 & 0.646 & 0.715 \\ 0.166 & 0.230 & 0.571 & 0.272 & 0.214 \end{bmatrix}$$

上述 5 个指标中,前 4 个指标为正向指标,越大越好,而第 5 个指标为负向指标,则越小越好。根据式 (8),求得理想解和负理想解分别为

$$Z_0 = [0.500 \quad 0.895 \quad 0.571 \quad 0.646 \quad 0.071]$$

$$Z^0 = [0.166 \quad 0.075 \quad 0.072 \quad 0.082 \quad 0.715]$$

根据式 (9),分别计算 3 个拟选取水模式与理想解和负理想解的距离为: $S_1^+ = 1.032, S_1^- = 0.724$; $S_2^+ = 0.815, S_2^- = 1.050$; $S_3^+ = 0.845, S_3^- = 0.748$ 。

根据式 (10),计算各单元指标值与理想点的相对接近度 G_i ,结果分别为: $G_1 = 0.412, G_2 = 0.563, G_3 = 0.47$,排序为 $G_2 > G_3 > G_1$ 。可见,针对富平县水质含氟量高的普遍性,改善该县农村生活质量的关键任务就是选择引水工程。

4 结 语

本文运用基于熵权 TOPSIS 的模式评价方法对渭南地区富平县农村饮用水 3 种取水模式进行评价。评价结果表明,该评价指标体系和评价方法具有一定的有效性,评价结果可供地区政府决策时参考。

参考文献:

- [1] 杨建强,张玉先.我国农村饮用水现状及对策研究[J].山西建筑,2008,34(1):9-10.
- [2] 寇文撰,寇文斐.农村生活饮用水与安全卫生评价[J].内蒙古水利,2005(3):56-57.
- [3] 杨元青,庞清江,宋岩,等.我国农村饮用水水质安全问题探析[J].山东农业大学学报:自然科学版,2008,39(1):119-121.
- [4] 袁春生,刘琼,温珍玉.农村饮用水安全问题及其对策[J].人民珠江,2008(2):75-76.
- [5] 阿说日吉.民族地区农村饮用水安全问题分析及建议[J].水利经济,2008,26(3):41-43.
- [6] 曹景迎.平原水库供水效益与可持续发展对策研究[J].水利经济,2007,25(1):56-58.
- [7] 杨玉中,张强,吴立云.基于熵权的 TOPSIS 供应商选择方法[J].北京理工大学学报,2006,26(1):31-35.
- [8] 罗建强,韩玉启,张银萍.基于熵权 TOPSIS 的客户订单分离点定位研究[J].工业工程与管理,2008,13(5):83-87.

(收稿日期:2009-02-30 编辑:张志琴)