

模糊集对分析法在水资源开发利用评价中的应用

储德义¹, 丁爱生², 徐得潜², 鲍燕寒²

(1. 水利部淮河水利委员会, 安徽 蚌埠 233001; 2. 合肥工业大学土木与水利工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要 简要介绍淮河干流水资源开发现状, 阐述对该流域进行水资源开发利用现状评价的意义。引用模糊集对评价模型对研究范围内河南、安徽、江苏三省水资源开发利用状况进行评价。评价结果表明, 研究区内水资源开发利用程度从大到小的排序为江苏 > 安徽 > 河南, 该结果符合淮河干流各地区的实际情况。

关键词 模糊集对分析法 淮河干流 水资源开发利用 江苏省 安徽省 河南省

中图分类号 TV213 **文献标识码** A **文章编号** 1006-7647(2010)S1-0005-02

淮河流域单位人口及单位面积的水资源量均不到全国的 1/5, 属缺水地区。淮河干流已经成为许多沿淮城市的主要水源地, 尤其是淮河中游的安徽省淮南市、蚌埠市, 在淮河取水已分别占本市地表水用水量的 60% 和 25% 以上。淮河干流及主要支流涉及河南、安徽、江苏 3 个省, 近年来沿线经济社会、用水需求等发展不平衡, 特别是安徽沿淮及淮北地区以煤炭等矿产资源开发、转化、深加工为特点的煤电一体化、煤化盐化一体化、煤化工园区的建设, 使淮河沿岸工业、城市用水快速增长, 产业结构、用水结构都发生了显著变化, 用水压力日益严峻^[1]。

为进一步查清淮河干流及主要支流水资源的分布特点及开发利用状况, 实现流域水资源的可持续利用, 笔者根据水利部淮河水利委员会近期组织沿淮主要地市有关部门调查的资料, 引用模糊集对评价模型^[2], 将多个指标系统合成一个能从总体上衡量其优劣的相对贴近度对淮河干流进行水资源开发利用程度进行评价, 并给出优劣排序结果, 为该流域水资源的可持续发展和合理分配提供科学依据和决策支持。

1 模糊集对评价模型的建立

集对分析法是赵克勤^[3]于 1989 年提出的一种处理不确定性的新数学理论和系统分析方法, 已初步应用于现代管理科学、系统控制、决策分析、人工智能中的推理研究以及模式识别、工程和新产品的设计熵的研究等领域。集对分析从同、异、反 3 个方

面分析事物, 同、异、反三者相互联系、影响、制约, 又在一定条件下相互转化。它是一种处理不确定性问题的系统分析方法。集对分析的关键是如何确定联系度, 联系度在集对分析中的地位等同于以统计学为基础的“相关系数”, 以及以灰色原理为基础的“灰关联度”、以模糊原理为基础的“隶属度”。模糊集对分析以集对分析思想为基础, 重视信息处理中的相对性、模糊性, 将确定性信息和不确定性信息作为一对模糊集, 是系统工程多目标决策的一种优选方法^[4]。与集对分析的联系度不同, 模糊联系度是集对分析的联系度概念在分类刻画模糊性的具体化, 是论域上隶属关系的微观刻画。它从认知角度对完整模糊性信息给出二次对立分配描述, 从而形成不同认识层次上的模糊集对。

将模糊集对分析引入淮河干流水文水资源研究中, 不但拓宽了应用范围, 而且还推动了集对理论本身的发展。模糊集对分析评价模型具体步骤如下:

a. 设多属性评价问题 $Q = \{S, E, D\}$, 其中 $S = \{s_k\} (k = 1, 2, 3, \dots, m)$ 为待评价对象(地区), s_k 为第 k 个待评价对象; $E = \{e_r\} (r = 1, 2, 3, \dots, n)$ 为指标集, E 有不同的类型指标, 记 E_1 为收益型指标(其越大水资源开发利用程度越高), E_2 为成本型指标(其越小水资源开发利用程度越低), e_r 为第 r 个指标; $D = \{d_{kr}\}$ 为决策矩阵, d_{kr} 为待评价对象 s_k 关于指标 e_r 的属性值。

b. 记 $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_r\}$ 为指标集 E 关于

不同对象 S 的最优对象集,记 $V = \{v_1, v_2, v_3, \cdots, v_r\}$ 为指标集 E 关于不同对象 S 的最劣对象集,其中 u_r 和 v_r 分别为指标 e_r 的最优值和最劣值。

c. 对于 $e_r \in E_1$,比较区间为 $[v_r, u_r]$ 定义集对 $\{d_{kr}, u_r\}$ 同一度 $A = \{a_{kr}\}$ 和对立隶属度 $C = \{c_{kr}\}$ 如下:

$$a_{kr} = \frac{d_{kr}}{u_r + v_r} \tag{1}$$

$$c_{kr} = \frac{u_r v_r}{(u_r + v_r) d_{kr}} \tag{2}$$

同理,对于 $e_r \in E_2$,在比较区间 $[u_r, v_r]$ 可得

$$a_{kr} = \frac{u_r v_r}{(u_r + v_r) d_{kr}} \tag{3}$$

$$c_{kr} = \frac{d_{kr}}{u_r + v_r} \tag{4}$$

d. 计算平均同一隶属度、对立隶属度:

$$a_k = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n a_{kr} \tag{5}$$

$$c_k = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n c_{kr} \tag{6}$$

e. 评价结果排序。由于 a_k 和 c_k 是相对确定的,分别表示对 s_k 接近最优测点 U 的肯定和否定程度,那么在相对确定条件下可定义 S 与 U 的相对贴近度为

$$R = \{r_k\} \quad (k = 1, 2, 3, \cdots, m) \tag{7}$$

$$r_k = \frac{a_k}{a_k + c_k} \tag{8}$$

根据 r_k 的大小,排序各地区水资源开发利用程度, r_k 越大表示水资源开发利用程度越高。最后,将 R 归一化后得到标准相对贴近度 R' 。

2 淮河干流水资源开发利用综合评价

2.1 研究范围及现状代表年

研究范围涉及河南、安徽、江苏 3 个省,淮河干流河南省息县(包括息县境内河段)至江苏省三江营^[1] 主要支流有洪汝河、沙颍河、涡河、新汴河等。涉及信阳市,阜阳市,六安市的寿县和霍邱县,淮南市,蚌埠市,滁州市的定远、凤阳、明光、天长四县市的淮河流域部分,淮安市,亳州市,宿州市,扬州市。总土地面积为 8.74 万 km²,其中山区、丘陵面积为 2.7 万 km²,占 30.9%,平原、水面面积为 6.04 万 km²,占 69.1% 耕地面积约 364 万 hm²,有效灌溉面积约 314 万 hm²,耕地率 41.6%,灌溉率 86.3%。现状代表年为 2007 年,调查水量选 2005 ~ 2007 年平均值。调查情况见表 1、图 1。

表 1 调查范围内经济社会基本情况统计^[1]

行政区	总人口/ 万人	总面积/ 万 m ²	GDP 总值/ 亿元	耕地面积/ 万 hm ²	有效灌溉 面积/万 hm ²
河南	799	1 891.5	714	37.9	29.1
安徽	2 444	5 180.6	2 046	255.8	224.2
江苏	993	1 666.1	1 965	70.0	60.7
合计	4 236	8 738.2	4 725	363.7	314.0

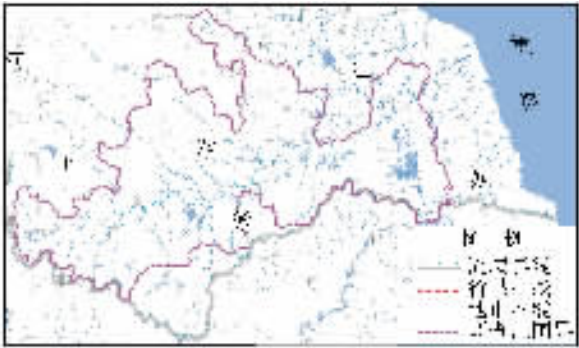


图 1 淮河干流及主要支流现状用水情况调查范围示意图

2.2 评价指标

由于实际评价水资源开发利用程度的指标很多,各个单项指标的评价结果有时是不相容的,甚至是矛盾的,因此在区域水资源开发利用程度综合评价中,评价模型以及评价指标的选取至关重要,应该考虑水资源条件、社会经济水平、水环境状况等多方面的因素,本次研究暂选取 I_1 人均用水量、 I_2 单位 GDP 用水量、 I_3 单位面积平均灌溉用水指标、 I_4 单位面积用水量。各分区评价指标值见表 2。

表 2 调查范围内主要用水指标^[1]

行政区	人均 用水量/ (m ³ ·人 ⁻¹)	单位 GDP 用水量/ (m ³ ·万元 ⁻¹)	单位灌溉 面积用水量/ (m ³ ·hm ⁻²)	单位面积 用水量/ (万 m ³ ·万 m ⁻²)
河南	153.9	172.2	1.6	65
安徽	240.6	287.4	1.7	113
江苏	723.8	365.9	2.2	431

2.3 计算各分区同一隶属度、对立隶属度

根据研究区基本资料,确定评价问题的指标集和对象集,建立决策矩阵。

$$D = \begin{bmatrix} 153.9 & 172.2 & 1.6 & 6.5 \\ 240.6 & 287.4 & 1.7 & 11.3 \\ 723.8 & 365.9 & 2.2 & 43.1 \end{bmatrix}$$

由式(1)~(4)计算各待评价对象对各指标的同—隶属度、对立隶属度。

$$A = \begin{bmatrix} 0.18 & 0.32 & 0.42 & 0.13 \\ 0.27 & 0.53 & 0.45 & 0.23 \\ 0.82 & 0.68 & 0.58 & 0.87 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0.82 & 0.68 & 0.58 & 0.87 \\ 0.53 & 0.41 & 0.54 & 0.50 \\ 0.18 & 0.32 & 0.42 & 0.13 \end{bmatrix}$$

(下转第 115 页)

4 结 论

在浙江沿海某电厂围堤工程中,基于填石体与周围土体的电磁性质差异,在钻探资料控制下,采用探地雷达与钻探相结合技术查明了填石体的断面形状、尺寸和深度。实践表明,采用探地雷达与钻探相结合的综合技术手段,可有效地查明爆炸挤淤填石体的分布情况。实际探测信号的分析研究表明,填石体由碎石、淤泥、海水等组成,成分杂,其反射波表现为波形杂乱、振幅较大、反射强烈,而周边淤泥与粉质黏土等原始土层表现为连续稳定、弱反射的反射波波形。正是利用填石体与周围介质的这些波形差异,得以较直观地确定爆填体与周围介质的分界面。

雷达探测工作质量受到地面平整程度、填石体含水量(尤其是海水)等因素的影响^[2-3]。因此,爆炸挤淤填石体的雷达探测仍需要不断积累经验,就现场测试及资料处理和解释等技术问题做进一步研究。需要指出的是,雷达探测中直接测量的是反射

波双程旅行时,其深度是通过时深转换而来的,合理的探测结果有赖于钻探资料的控制和标定,或其他已知信息的控制。

参考文献：

[1] 赵永辉,吴健生,万明浩.不同地下介质条件下探地雷达的探测深度问题分析[J].电波科学学报,2003,18(2):220-224.
[2] 葛双成,朱晓源,陈军,等.海堤抛石雷达图像特征及检测效果分析[J].中国港湾建设,2008(5):9-12.
[3] 葛双成,叶可来,梁国钱,等.探地雷达和地震波法在抛石层探测中的应用[J].水利水电科技进展,2008,28(5):71-73.
[4] 陈军,赵永辉,万明浩.地质雷达在地下管线探测中的应用[J].工程地球物理学院,2005,2(4):260-263.
[5] 薛桂玉,余志雄.地质雷达技术在堤坝安全监测中的应用[J].大坝与安全,2004(1):13-19.
[6] 马亮,魏光辉,刘亮.地质雷达技术在水工隐蔽工程质量检测中的应用[J].西北水电,2009(1):70-72.

(收稿日期 2010-07-01 编辑 骆 超)

(上接第 6 页)

2.4 评价结果

由式(5)、式(6)计算得平均同一隶属度、对立隶属度,代入式(8)得各优选对象相对贴近度 $R = [0.26 \ 0.43 \ 0.74]^T$,将 R 归一化处理得标准相对贴近度为 $R' = [0.2 \ 0.3 \ 0.5]^T$,即水资源开发利用程度从大到小的排序为江苏 > 安徽 > 河南(表 3)。

表 3 水资源开发现状评价结果

贴近度	河南	安徽	江苏
相对贴近度	0.27	0.49	0.9
标准相对贴近度	0.20	0.30	0.5

3 结 论

a. 模糊集对评价模型以集对分析思想为基础,重视信息处理中的相对性、模糊性,是系统工程多目标决策的一种优选方法。既可用于排序又可用于分类。用于水资源开发利用评价,具有原理直观、评价精度较高的优点。

b. 评价结果表明 研究范围内水资源开发利用程度排序为江苏、安徽、河南。这说明河南、安徽水资源开发规模较小,开发利用程度较低,利用率较低,具有较大的进一步开发潜力 江苏省的水资源开发利用程度是研究区中最高的,进一步开发的潜力

小,与淮河干流的实际情况基本一致。

c. 评价结果能够很好地反映淮河干流各区的用水现状,为淮河干流水量分配及水资源可持续性研究提供了决策支持。

d. 评价系统中,评价对象可以扩展为同一地区的不同时间,从而得到同一地区水资源开发利用现状随时间变化的情况。

e. 为解决淮河干流各区的用水现状,建议采取以下措施 ①实施现代水利,合理开发水资源 ②注重系统调控,合理配置水资源 ③加强用水管理,高效利用水资源 ④搞好污染控制,保护水资源,提高工业用水的重复使用率。

参考文献：

[1] 中国水利学会淮河研究会.淮河干流及主要支流现状用水情况调查[R].蚌埠:中国水利学会淮河研究会,2009.
[2] 陈守煜.工程模糊集理论与应用[M].北京:国防工业出版社,1998:6-39.
[3] 赵克勤.集对分析及其初步应用[J].大自然探索,1994,13(1):67-71.
[4] 张斌.多目标系统决策的模糊集对分析方法[J].系统工程理论与实践,1997(2):108-114.

(收稿日期 2009-08-05 编辑 高建群)