

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.06.004

基于改进模糊物元分析法的区域最严格水资源管理评价

杨 阳,方国华,黄显峰,徐 烁

(河海大学水利水电学院,江苏 南京 210098)

摘要:在分析最严格水资源管理“三条红线”研究现状的基础上,构建评价指标体系,采用改进熵权法确定评价指标权重,建立模糊物元模型,对区域最严格水资源管理水平进行评价。以南京市高淳区为例,对其最严格水资源管理水平进行评价。结果表明,高淳区2012年最严格水资源管理处于Ⅱ级水平,预测2015年和2020年分别处于Ⅱ级和Ⅰ级水平,评价结果与《高淳区水资源管理现代化建设实施方案》相一致。对指标权重进行灵敏度分析,发现改进模糊物元分析法稳定性较好,评价结果较可信。因此,基于改进熵权的模糊物元分析法对区域最严格水资源管理评价适用性较强,是一种最严格水资源管理评价的新方法。

关键词:最严格水资源管理;模糊物元模型;改进熵权;评价指标体系

中图分类号:TV213 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2014)06-0019-06

Assessment of strictest regional water resources management system based on improved fuzzy matter-element analysis

YANG Yang, FANG Guohua, HUANG Xianfeng, XU Shuo
(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering,
Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on analysis of the current research on the “Three Red Lines” of the strictest water resources management system, we built an assessment index system, used the improved entropy method to determine the weights of assessment indices, and established a fuzzy matter-element model to evaluate the strictest regional water resources management system, using the Gaochun District of Nanjing City as a case study. The assessment results show that the water resources management of the Gaochun District was at level II in the year 2012, and will be at level II and level I in the years 2015 and 2020, respectively, which is consistent with the Gaochun District Water Resources Management Modernization Implementation Program. Sensitivity analysis of index weights shows that the proposed model is highly stable and produces reliable assessment results. Thus, the improved entropy fuzzy matter-element analysis method is highly adaptable to the assessment of the strictest regional water resources management, and can be a new method for the assessment of the strictest water resources management.

Key words: strictest water resources management; fuzzy matter-element model; improved entropy; assessment index system

“最严格水资源管理”这一概念最早是在2009年的两次水利工作会议上提出的:一是全国水利工作会议上,回良玉副总理强调要从我国基本水情出发,实行最严格的水资源管理制度;二是全国水资源工作会议上,陈雷部长以“实行最严格的水资源管

理制度保障经济社会可持续发展”为题发表重要讲话。2011年1月19日,中共中央、国务院发布《关于加快水利改革发展的决定》,要求实行最严格的水资源管理制度,加快建立用水总量控制、用水效率控制和水功能区限制纳污“三条红线”,着力解决当

基金项目:国家社会科学基金重大项目(2012&ZD214);江苏省水利科技项目(2011004)
作者简介:杨阳(1990—),女,硕士研究生,研究方向为水利规划与水利经济、水资源管理。E-mail:dfyy90118@163.com
通信作者:黄显峰,副教授。E-mail:hxflhuang2005@163.com

前水资源过度开发、用水浪费和水污染严重三大突出问题。2012 年 1 月 12 日,国务院出台了《关于实行最严格水资源管理制度的意见》,提出了 2015 年和 2020 年“三条红线”的具体目标。

为保障水资源管理“三条红线”目标的顺利实现,国内一些学者在最严格水资源管理方面开展了相关研究工作。杨丹等^[1]根据最严格水资源管理“三条红线”之间的关系,以济南市为例,构建了包含目标层、领域层、准则层和指标层的 4 阶层次结构指标体系;左其亭等^[2]通过解读最严格水资源管理制度的基本理念,建立相应的理论体系框架并提出对应的保障措施;张志强等^[3]将和谐论运用到最严格水资源管理制度中,运用和谐度方程分析“三条红线”的实施过程;管桂玲等^[4]提出水资源管理评级体系,将“三条红线”管理目标具体量化,并以江阴市为例进行研究。现有研究成果主要涉及最严格水资源管理“三条红线”的内涵分析、指导思想、基本原则、主要内容、保障措施、实施方案等,对其管理水平进行评价的研究很少。随着最严格水资源管理工作的不断深入,对其现状水平进行综合评价、对其未来发展水平进行合理预测成为水资源管理工作亟须解决的问题。因此,构建科学合理的评价指标体系,采用适合的评价方法对最严格水资源管理发展水平进行综合评价是十分必要的。

本文以物元分析理论为基础,采用层次分析(AHP)-熵权法确定各指标权重,建立模糊物元模型对区域最严格水资源管理水平进行评价,并以南京市高淳区为对象进行实例研究。

1 基于改进熵权的模糊物元分析法

物元分析理论最早是在 1983 年由蔡文教授提出,1995 年肖芳淳教授将其与模糊集合理论相结合,提出了模糊物元分析法,用来解决模糊不相容问题。采用模糊物元分析法评价复杂大系统,计算过程简单,且结果准确可靠,因此被广泛应用于生态环境、水安全、土壤健康、河流健康、节水型社会等方面的评价。

1.1 基于改进熵权法的权重确定

进行综合评价时,不同评价指标对评价对象的贡献是不同的,需要根据其贡献大小确定各评价指标的权重。常用的指标权重确定方法中,德尔菲法和层次分析法均属于主观赋权法,适用性强,操作简便,充分考虑决策者的主观意愿,但人为因素影响较大,且当评价指标数量较多时,计算结果可靠性较低。熵权法属于客观赋权法,能够深刻反映指标信息熵值的效用价值,但却没有考虑决策者的偏好。

本文采用改进的熵权法确定各评价指标的权重值。

1.1.1 利用层次分析法确定一级权重

首先,构造层次分析结构模型,将研究对象进行目标分解,确定目标层、准则层和指标层;其次,采用 Satty 教授提出的 9 标度法及专家咨询法获取准则层的各个要素对于目标层的相对重要性程度,建立判断矩阵;最后,通过计算判断矩阵的最大特征根及特征向量,得到准则层各个要素对目标层的重要性程度,经过一致性检验,将其归一化后即可得到准则层对目标层的一级权重。

1.1.2 利用熵权法确定二级权重

熵权法是通过计算信息熵来反映各指标对系统的影响程度^[5]。信息熵的值越大,该指标对结果的影响程度越大,权重也越大。由评价指标构成判断矩阵来确定各指标权重,消除了计算过程中的人为因素干扰,使评价结果更加合理。本文采用熵权法计算指标层对准则层的二级权重,步骤如下:

第 1 步:构建 n 个方案 m 个评价指标的判断矩阵 $\boldsymbol{X}=(x_{ij})_{m\times n}(i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n)$ 。

第 2 步:对判断矩阵进行归一化处理,得到相对隶属度矩阵 $\boldsymbol{R}=(r_{ij})_{m\times n}(i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n)$ 。

对于越大越优型指标:

$$r_{ij}=\frac{x_{ij}-\left(x_{ij}\right)_{\min }}{\left(x_{ij}\right)_{\max }-\left(x_{ij}\right)_{\min }} \quad(1)$$

对于越小越优型指标:

$$r_{ij}=\frac{\left(x_{ij}\right)_{\max }-x_{ij}}{\left(x_{ij}\right)_{\max }-\left(x_{ij}\right)_{\min }} \quad(2)$$

式中: r_{ij} 为第 i 个指标对第 j 个方案的相对隶属度; $\left(x_{ij}\right)_{\max }、\left(x_{ij}\right)_{\min }$ 分别为同一指标不同方案指标值 x_{ij} 中的最大值和最小值。

第 3 步:确定评价指标的熵。

$$f_{ij}=\frac{1+r_{ij}}{\sum_{j=1}^n\left(1+r_{ij}\right)} \quad(3)$$

$$H_i=-\frac{\sum_{j=1}^nf_{ij} \ln f_{ij}}{\ln n} \quad(4)$$

式中: f_{ij} 为第 j 个方案第 i 项指标在该方案总指标中的比重($i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n$); H_i 为各方案中第 i 项指标的熵值; n 为所选方案的个数。

第 4 步:计算评价指标熵权。

$$\boldsymbol{W}=\left(\omega_i\right)_{1 \times m} \quad(5)$$

$$\omega_i=\frac{1-H_i}{\sum_{i=1}^m\left(1-H_i\right)} \quad(6)$$

式中: $\boldsymbol{W}$ 为评价指标熵权特征向量; ω_i 为各评价指

标的熵权, $0 \leq \omega_i \leq 1, \sum_{i=1}^m \omega_i = 1$ 。

1.1.3 利用 AHP-熵权法综合计算合成权重

确定了一级权重和二级权重之后,将两次运算的权重值进行综合计算,得到指标层对目标层的组合权重。计算公式为

$$W_j = W_i W_{ij} \quad (7)$$

式中: W_j 为指标层对目标层的组合权重; W_i 为准则层对目标层的相对权重,即一级权重; W_{ij} 为指标层对准则层的熵权,即二级权重。

1.2 模糊物元模型的建立

物元分析理论的主要思想是将任一事物均用“事物、特征、量值”3 个要素来描述,给定事物 M 及其关于特征 C 的量值 X ,组成有序三元组 $R=(M, C, X)$ 作为基本元——物元,分析研究这些物元及其变化规律。如果量值 X 具有模糊性,则称其为模糊物元^[6-9]。

1.2.1 定义复合模糊物元

若事物 M 有 m 个评价指标 $C_1, C_2, \dots, C_m$ 和相应的量值 $X_1, X_2, \dots, X_m$ 来描述,则称 R 为 m 维模糊物元。 n 个样本的 m 维物元一起构成的复合模糊物元如式(8)所示:

$$R = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

式中: X_{ij} 为第 j 个样本的第 i 个评价指标的模糊量值。

1.2.2 构造从优隶属度模糊物元

由于不同评价指标属性值的量纲不同,因此需要根据建立的模糊物元,对各评价指标进行从优隶属度计算。从优隶属度可以反映各评价指标的模糊量值从属于标准方案相应模糊量值的隶属程度。越大越优型和越小越优型评价指标的从优隶属度计算公式如式(9)、(10)所示:

$$\text{越大越优型: } \mu_{ij} = \frac{X_{ij}}{(X_{ij})_{\max}} \quad (9)$$

$$\text{越小越优型: } \mu_{ij} = \frac{(X_{ij})_{\min}}{X_{ij}} \quad (10)$$

式中: μ_{ij} 为从优隶属度; $(X_{ij})_{\max}$ 和 $(X_{ij})_{\min}$ 分别为各评价指标所有量值中的最大值和最小值。

求出 n 个样本 m 项评价指标的从优隶属度之后,构造从优隶属度模糊物元 R_{mn} :

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \cdots & \mu_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ \mu_{m1} & \cdots & \mu_{mn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

1.2.3 构造标准模糊物元与差平方复合模糊物元

由从优隶属度模糊物元中各项评价指标从优隶属度的最大值或最小值构造样本 m 维标准模糊物元 R_{m0} ,本文以最大值为最优,则各项评价指标的从优隶属度均为 1。

用 $\Delta_{ij}(i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$ 表示标准模糊物元 R_{m0} 与从优隶属度模糊物元 R_{mn} 中各项差的平方,得到差平方复合模糊物元 R_{Δ} 。

$$R_{\Delta} = \begin{bmatrix} \Delta_{11} & \cdots & \Delta_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ \Delta_{m1} & \cdots & \Delta_{mn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

式中: $\Delta_{ij} = (1 - \mu_{ij})^2 (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$ 。

1.2.4 计算贴近度和综合评价

贴近度表示被评价样本与标准样本之间互相接近的程度,其值越大,两者越接近。本文通过计算欧式贴近度 ρH_j ,构建贴近度模糊物元矩阵 $R_{\rho H}$ 。

$$\rho H_j = 1 - \sqrt{\sum_{i=1}^m \omega_i \Delta_{ij}} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

$$R_{\rho H} = [\rho H_1, \dots, \rho H_n] \quad (14)$$

构建出贴近度模糊物元矩阵 $R_{\rho H}$ 之后,可用 ρH_j 之间的欧式距离对评价样本的最严格水资源管理水平进行评价。

2 高淳区最严格水资源管理评价指标体系

2.1 高淳区概况

高淳区位于南京市最南端,地处北纬 $31^{\circ}13' \sim 31^{\circ}26'$ 、东经 $118^{\circ}41' \sim 119^{\circ}12'$,北临溧水,东界溧阳,南部和西部与安徽郎溪、宣州、当涂三县(市)接壤,被誉为“南京后花园”,素有“日出斗金、日落斗银”的江南鱼米之乡的美誉,是中国目前唯一一个被世界慢城联盟授予“国际慢城”的地区。高淳区下辖 8 个乡镇和 1 个省级经济开发区,土地总面积 801.8 km^2 。

高淳区地处北亚热带和中亚热带过渡季风气候区,受季风环流影响,区域性气候明显,四季分明,降水充沛,日照充足,年平均气温 16.0°C 。以茅东闸为界,高淳区分属水阳江和太湖两个水系,年平均降雨量 1168.1 mm ,降雨大部分集中在梅雨季节。区域内地势东高西低,东部是蜿蜒起伏的低山丘陵及外围岗地,受地形地质条件的影响,蓄水条件差,常受干旱的困扰;西部为广阔的湖盆平原和水网圩区,常常水多患。为解决高淳区易涝易旱的问题,自 1978 年改革开放以来,高淳区兴建了大量的水利工程,目前共建成各类水利工程 36771 处,形成了相对完善的水利工程体系,基本上达到能挡、能排、能降、能灌的要求。区域内蓄水工程主要是固城湖、石臼湖、16 座中小型水库和 22715 个塘坝。引提水工

程主要分布于东部丘陵区,包括茅东闸、淳东灌区、蛇山抽水站、湖西灌溉总渠及多处灌溉泵站、水闸及涵洞。工业用水和居民生活用水等自 2012 年 9 月起全部由区自来水厂集中供水,区自来水厂供水能力 10 万 m³/d。2013 年 11 月引江供水工程通水后,实现了区域联网供水,供水保证率和供水质量都得到大幅度提高。

2.2 评价指标体系的确定

最严格水资源管理“三条红线”强调了水资源开发、利用和保护全过程管理。用水总量控制红线主要控制水量,是水资源管理的宏观控制指标;用水效率控制红线不仅可以直接控制水量,也可以间接考虑水质;水功能区限制纳污红线主要针对的是水域纳污能力、水质达标率的控制,能够间接控制工业用水和生活用水总量。“三条红线”之间既有区别,又相互关联,任何一条控制红线的实现均有利于其他两条控制红线的实现;用水总量的控制,在一定程度上可有效促使用水效率的提高和排污量的减少;用水效率的提高,可有效减少用水总量和入河排污量;水功能区限制纳污管理的达标,能够间接增加可供水量,有效解决水质型缺水问题。

本文确定评价系统的总目标为全面实现最严格水资源“三条红线”管理,并从用水总量控制、用水效率控制和水功能区限制纳污 3 个方面对总目标进一步分解。根据评价区域的实际情况和存在的问题选择相应的评价指标,按照指标体系建立的原则,采用频度统计法、理论分析法和专家咨询法确定高淳区最严格水资源管理评价指标体系,确定各评价指标的评级标准。选取高淳区基准年(2012 年)和规划水平年(2015 年和 2020 年)作为评价年份,高淳区最严格水资源管理评价指标体系及其评级标准见表 1。

3 高淳区最严格水资源管理评价

为了客观地评价高淳区最严格水资源管理水平现状,同时预测未来规划年所能达到的水平,在构建

了评价指标体系之后,采用改进的模糊物元分析法对高淳区最严格水资源管理水平进行综合评价。

3.1 采用改进熵权法确定指标权重

高淳区最严格水资源管理评价指标体系是一个 3 阶层次结构指标体系,采用层次分析法确定准则层对目标层的一级权重,采用熵权法确定指标层对准则层的二级权重。

a. 确定准则层对目标层的权重。根据高淳区的实际情况,准则层的“三条红线”对目标层的相对重要性程度为:用水总量控制比用水效率控制略重要,用水效率控制比水功能区限制纳污略重要。构造判断矩阵,确定一级权重为 $\omega=(0.5396,0.2970,0.1634)$ 。

b. 确定指标层对准则层的权重。根据表 1 所构建的高淳区最严格水资源管理评价指标体系及其评级标准,用熵权法公式计算出指标层对准则层的二级权重,见表 2。

c. 确定指标层对目标层的组合权重。根据一级权重和二级权重的计算结果,确定指标层对目标层的组合权重,见表 2。

3.2 建立高淳区最严格水资源管理模糊物元模型

根据前文基于改进熵权法的模糊物元模型,建立高淳区最严格水资源管理评价模型。

a. 针对高淳区的 3 个水平年,建立 6 个样本、10 项指标的复合模糊物元 R。

$R =$

927	918	913	1 700	1 000	500
28	32	40	30	50	70
80.1	78	75	60	70	80
0.76	4	10	5	3	1
85.4	78.5	70	70	120	150
18	18	15	18	40	70
0.61	0.65	0.68	0.8	0.6	0.45
75	80	85	75	60	45
83	85	90	85	78	65
98.9	100	100	80	70	60

表 1 高淳区最严格水资源管理评价指标体系及其评级标准值

目标层	准则层	指标层	性质	年份			评级标准		
				2012	2015	2020	I	II	III
区域最严格水资源管理	用水总量控制	人均水资源量(m ³)	↑	927	918	913	1700	1000	500
		水资源开发利用率(%)	↓	28	32	40	30	50	70
		农业用水比例(%)	↓	80.11	78	75	50	70	90
		生态用水比例(%)	↑	0.76	4	10	5	3	1
	用水效率控制	万元 GDP 用水量(m ³)	↓	85.4	78.5	70	50	100	150
		万元工业增加值用水量(m ³)	↓	18	18	15	10	30	40
		灌溉水利用系数	↑	0.61	0.65	0.68	0.8	0.6	0.45
	水功能区限制纳污	水功能区水质达标率(%)	↑	75	80	85	75	60	45
		污水处理率(%)	↑	83.02	85	90	85	75	65
		工业废水排放达标率(%)	↑	98.8	100	100	80	70	60

注:①2012 年数据为实际数据,2015 年和 2020 年的数据为规划数据;②↑表示越大越优,↓表示越小越优;③I 为评级最优。

表 2 高淳区最严格水资源管理评价指标体系中各指标权重值

目标层	权重	准则层	一级权重	指标层	信息熵	二级权重	组合权重
区域最严格水资源管理	1.0	用水总量控制	0.5396	人均水资源量	0.9882	0.1961	0.1058
				水资源开发利用效率	0.9868	0.2195	0.1184
				农业用水比例	0.9811	0.3131	0.1690
				生态用水比例	0.9836	0.2713	0.1464
		用水效率控制	0.2970	万元 GDP 用水量	0.9853	0.3747	0.1113
				万元工业增加值用水量	0.9865	0.3430	0.1019
				灌溉水利用系数	0.9889	0.2822	0.0838
		水功能区限制纳污	0.1634	水功能区水质达标率	0.9870	0.3026	0.0494
				污水处理率	0.9875	0.2892	0.0473
				工业废水排放达标率	0.9824	0.4082	0.0667

b. 根据式(9)~(11)构造从优隶属度模糊物元 R_{mn} 。

c. 根据式(12)构造差平方复合模糊物元 R_{Δ} 。

$$R_{\Delta} = \begin{bmatrix} 0.2068 & 0.2116 & 0.2143 & 0.0000 & 0.1696 & 0.4983 \\ 0.0000 & 0.0156 & 0.0900 & 0.0044 & 0.1936 & 0.3600 \\ 0.0630 & 0.0533 & 0.0400 & 0.0000 & 0.0204 & 0.0625 \\ 0.8538 & 0.3600 & 0.0000 & 0.2500 & 0.4900 & 0.8100 \\ 0.0325 & 0.0117 & 0.0000 & 0.0000 & 0.1736 & 0.2844 \\ 0.0278 & 0.0278 & 0.0000 & 0.0278 & 0.3906 & 0.6173 \\ 0.0564 & 0.0352 & 0.0225 & 0.0000 & 0.0625 & 0.1914 \\ 0.0138 & 0.0035 & 0.0000 & 0.0138 & 0.0865 & 0.2215 \\ 0.0060 & 0.0031 & 0.0000 & 0.0031 & 0.0278 & 0.0772 \\ 0.0001 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0400 & 0.0900 & 0.1600 \end{bmatrix}$$

d. 根据改进熵权法确定的指标权重,计算欧式贴近度 ρH_j ,构建贴近度模糊物元矩阵 $R_{\rho H}$,得到各个样本的贴近度。

$$R_{\rho H} = \begin{pmatrix} 0.5881 & 0.6945 & 0.7951 & 0.7915 \\ 0.5618 & 0.3997 \end{pmatrix}$$

3.3 评价结果分析

计算得到南京市高淳区 2012 年、2015 年和 2020 年最严格水资源管理水平:2012 年,Ⅱ级;2015 年,Ⅱ级;2020 年,Ⅰ级。

2012 年高淳区最严格水资源管理水平达到Ⅱ级,与实际情况吻合,这是因为近年来高淳区大力开展水资源管理现代化建设,最严格水资源管理取得了一定的效果,水资源管理逐步向水务一体化转变,初步建立了适应水资源管理与可持续利用要求的现代水管理体制。但也不难发现,利用欧式距离计算法,2012 年的计算结果与Ⅰ级水平之间仍然存在很大差距,高淳区在最严格水资源管理方面还具有较大的提升空间。根据表 1 中对高淳区 2015 年和 2020 年各评价指标的预测结果,采用改进的模糊物元分析法对各规划水平年高淳区最严格水资源管理水平进行预测。2015 年高淳区最严格水资源管理水平仍为Ⅱ级水平,但较 2012 年有了明显的提高,其中一个很重要的原因是高淳区作为江苏省首批水

生态文明试点城市,在 2015 年必须基本实现水资源管理现代化。到 2020 年,高淳区最严格水资源管理水平达到Ⅰ级,届时高淳区最严格水资源管理制度体系将得到完善,水资源得到合理配置,城乡供水得到有效保障,水资源利用效率将全面提高,水环境得到明显改善。本文的评价结果与《高淳区水资源管理现代化建设实施方案》中高淳区“2012 年水资源管理尚未实现现代化、2015 年基本实现现代化、2020 年全面实现现代化”的评价结果是一致的。

为判断改进模糊物元分析法在区域最严格水资源管理评价中的稳定性,需要对指标权重进行灵敏度分析,研究指标权重的变化对评价结果的影响。本文在指标权重的确定上采取了主客观相结合的赋权方法,由于客观赋权法并不会对已知指标判断矩阵引入其他信息,因此本文只对客观赋权法确定的指标权重,即一级权重进行灵敏度分析。采用文献[10]中指标权重灵敏度分析方法,得到权重灵敏度分析结果,见表 3。

表 3 权重灵敏度分析结果

指标变量	权重	权重变化范围
用水总量控制	0.5396	0.0036~0.6246
用水效率控制	0.2970	0.1770~0.6060
水功能区限制纳污	0.1634	0.0984~0.7574

由表 3 可知,若要维持方案的优劣排序,各指标权重变化区间长度 $\omega_3 > \omega_1 > \omega_2$,即用水效率控制的权重变化区间最小,敏感性最大;水功能区限制纳污的权重变化区间最大,敏感性最小。权重灵敏度总体偏低,因此本文所选用的改进模糊物元分析法的稳定性较好,评价结果较为可信。

4 结 语

区域最严格水资源管理涉及范围较广、内容较多,是一个多层次多目标的复杂系统,目前相关研究成果还不够成熟,对其评价方法的研究也较少。本文从用水总量控制、用水效率控制和水功能区限制纳污 3 个方面选取相应的评价指标,采用改进的模

模糊物元分析法对区域最严格水资源管理水平进行评价,计算便捷,结果清晰。采用改进的熵权法确定各评价指标的权重,既考虑了决策者的偏好,同时有效避免了权重分配过程中的主观因素,使得所确定的权重更加科学合理。将评价模型应用于南京市高淳区最严格水资源管理水平评价,评价结果与实际情况相一致,说明改进模糊物元分析法具有较好的适用性,可作为区域最严格水资源管理水平评价的一种新方法。本文在构建评价指标体系时,结合高淳区的实际情况选取了相应的评价指标,指标体系的针对性较强。但为使改进模糊物元分析法的实际操作性更强,今后在研究其他区域最严格水资源管理水平时,应当结合研究区域的实际情况对评价指标进行调整。

参考文献:

[1] 杨丹,张昊,管西柯,等. 区域最严格水资源管理“三条红线”评价指标体系的构建[J]. 水电能源科学,2013,31(12):182-185. (YANG Dan, ZHANG Hao, GUAN Xike, et al. Establishment of evaluation indicator system of “Three Red Lines” for the most strict regional water resources management[J]. Water Resources and Power, 2013,31(12):182-185. (in Chinese))

[2] 左其亭,李可任. 最严格水资源管理制度理论体系探讨[J]. 南水北调与水利科技,2013,11(1):13-18. (ZUO Qiting, LI Keren. Discussion on theoretical system of the strictest water resources management system[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013,11(1):13-18. (in Chinese))

[3] 张志强,左其亭,马军霞. 最严格水资源管理制度的和谐论解读[J]. 南水北调与水利科技,2013,11(6):133-137. (ZHANG Zhiqiang, ZUO Qiting, MA Junxia. Harmony theory interpretation for the strictest water resources management system[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology,2013,11(6):133-137. (in Chinese))

[4] 管桂玲,徐向阳,徐磊. 水资源“三条红线”管理评价系统研究[J]. 人民长江,2013,44(7):64-66. (GUAN Guiling, XU Xiangyang, XU Lei. Study on evaluation system of water resources management according to “Three Red Lines”[J]. Yangtze River,2013,44(7):64-66. (in Chinese))

[5] 田静宜,王新军. 基于熵权模糊物元模型的干旱区水资源承载力研究:以甘肃民勤县为例[J]. 复旦学报:自然科学版,2013,52(1):86-93. (TIAN Jingyi, WANG Xinjun. Assessment of the carrying capacity of water resources in arid areas based on an entropy fuzzy matter element model: a case study in Minqin County, Gansu

Province [J]. Journal of Fudan University: Natural Science,2013,52(1):86-93. (in Chinese))

[6] 宋岩,刘群昌,江培福. 基于改进 AHP 模糊物元模型的农业用水效率评价[J]. 人民长江,2013,44(22):30-33. (SONG Yan, LIU Qunchang, JIANG Peifu. Efficiency evaluation of agricultural water based on modified AHP fuzzy matter-element model [J]. Yangtze River,2013,44(22):30-33. (in Chinese))

[7] 方国华,黄显峰. 多目标决策理论、方法及其应用[M]. 北京:科学出版社,2011.

[8] 曾建军,沈盈佳,史正涛,等. 模糊物元模型在流域水资源可再生能力评价中应用[J]. 环境科学与技术,2013,36(S1):319-322. (ZENG Jianjun, SHEN Yingjia, SHI Zhengtao, et al. Fuzzy matter element model in the watershed water resources evaluation in the application of resources reproducible ability [J]. Environmental Science & Technology,2013,36(S1):319-322. (in Chinese))

[9] 杨丽美,张维江. 基于模糊物元模型的宁夏节水型社会效应评价[J]. 人民黄河,2013,35(5):46-48. (YANG Limei, ZHANG Weijiang. Effect evaluation of water saving society in Ningxia based on the fuzzy matter-element model [J]. Yellow River, 2013, 35 (5): 46-48. (in Chinese))

[10] 俞立平,潘云涛,武夷山. 科技评价灵敏度分析研究:单个指标与组合指标[J]. 软科学,2009,23(8):1-4. (YU Liping, PAN Yuntao, WU Yishan. Sensitivity analysis in science and technology evaluation: based on single indicator and combined indicator [J]. Soft Science,2009,23(8):1-4. (in Chinese))

(收稿日期:2014-03-03 编辑:彭桃英)

