

区域水资源可持续利用评价的模糊可变评价方法

陈守煜 柴春岭

(大连理工大学土木水利学院 辽宁 大连 116024)

摘要 提出区域水资源可持续利用评价的可变模糊评价方法,对可变模糊评价方法及原理进行了描述,并应用该方法对西安市水资源可持续利用情况进行评价。通过对成果的可变分析,表明该方法对水资源可持续利用评价具有良好的适用性。将评价结果与物元分析法的评价结果进行了对比,指出了物元分析法存在的数学逻辑错误。模糊可变评价方法可拓展应用于其他评价领域。

关键词 水资源可持续利用;可变模糊集合;模糊可变评价方法

中图分类号:TV213.4 文献标识码:A 文章编号:1006-764X(2007)05-0001-05

Fuzzy variable assessment method for sustainable utilization of regional water resources//CHEN Shou-yu ,CHAI Chun-ling
(School of Civil and Hydraulic Engineering , Dalian University of Technology , Dalian 116024 , China)

Abstract : The fuzzy variable assessment method was put forward , and its principle was introduced . The method was applied to assessment of water resources sustainable utilization in Xi 'an City , and the variability analysis of the result demonstrated the high suitability of the fuzzy variable assessment method . Through the comparison of the result of assessment with that of the matter element method , the mathematical logic mistake of the matter element method was pointed out . Moreover , the fuzzy variable assessment method can be applied to other fields .

Key words : water resources sustainable utilization ; variable fuzzy set ; fuzzy variable assessment method

长期以来我国水资源开发利用以粗放型居多,多数省份呈现出水资源短缺现象,甚至一些地区形成了“有河皆枯,有水皆污”的不利境况^[1],对当地的经济的发展起到了不同程度的阻碍作用。水资源的可持续利用是社会、经济可持续发展的基础条件之一,不同区域应对本区域的水资源可持续利用状况进行充分调查并作出科学合理的评价,从而指导采取相应的水资源管理措施。

实现水资源可持续利用,保障社会经济可持续发展的战略目标,必须对区域的水资源可持续利用状况作出科学合理的评价。区域水资源可持续利用评价,无论是过去的定性分析还是现在的定量分析,都是人们在现有的经验及理论知识的基础上,对评价区域的可持续利用状况所得出的评价,均属于模糊概念。科学的评价方法是对水资源可持续利用状况作出合理评价的主要依据之一。笔者在创立了工程模糊集理论^[2]的基础上,从 2004 年开始又建立了相对的、动态的可变模糊集理论^[3-4]。可变模糊集理论是解决模糊概念变化的有效理论,以该理论为基

础的模糊可变评价方法是区域水资源可持续利用评价的有力工具。在以往工作及研究中发现,多数方法或模型虽能给出较为合理的评价结果,但作为各方法或模型本身的可靠性并未能自加验证,多数评价工作均是与其他的方法进行比较,并未与同类模型的评价结果进行相互验证。针对这些问题,本文提出区域水资源可持续利用模糊可变评价方法,应用该方法对西安市水资源可持续利用水平进行了评价,同时与可拓学(物元模型、物元分析)^[5]进行了对比分析,指出了物元分析法存在的数学逻辑错误。

研究表明,通过模糊可变评价方法中参数的可变性,提高了评价结果的可靠性,西安市水资源可持续利用水平介于Ⅰ级与Ⅱ级之间,级别特征值 $H = 1.778$,可见西安市水资源可持续利用水平正值发展阶段,仍然具有较大的开发潜力。本文结果为西安市水资源可持续利用管理提供了参考依据。

1 以对立相对隶属函数表示的模糊可变集合

可变模糊集理论中的核心概念与定义是模糊可

基金项目 国家自然科学基金(50779005)水利部科技创新项目(SCXC2005-01)
作者简介 陈守煜(1930—)男,浙江宁波人,教授,从事水文水资源学、水利水电工程、模糊系统与数学研究。E-mail :chensyccl@yahoo.com.cn

变集合,它可以有多种表示形式,以对立相对隶属函数表示的模糊可变集合是其中之一,它是模糊可变评价方法的基础。

定义1 设论域 U 上的对立模糊概念(事物、现象)以 A 与 A^c 表示吸引性质与排斥性质,对 U 中的任意元素 $u, u \in U$,在参考连续统^[6]区间 $[1, 0]$ 对 A 与 $[0, 1]$ 对 A^c 任一点上,吸引与排斥性质的相对隶属度分别为 $\mu_{\tilde{A}}(u)$ 和 $\mu_{\tilde{A}^c}(u)$,满足对立模糊集

$$\tilde{A} = \left\{ u \mid \mu_{\tilde{A}}(u) + \mu_{\tilde{A}^c}(u) = 1 \right\} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \mu_{\tilde{A}}(u) + \mu_{\tilde{A}^c}(u) = 1 \\ 0 \leq \mu_{\tilde{A}}(u) \leq 1 \\ 0 \leq \mu_{\tilde{A}^c}(u) \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

令

$$\tilde{V} = \left\{ (u, \mu) \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) + \mu_{\tilde{A}^c}(u) = 1, \mu \in [0, 1] \right\} \quad (3)$$

$$A_+ = \left\{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) > \mu_{\tilde{A}^c}(u) \right\} \quad (4)$$

$$A_- = \left\{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) < \mu_{\tilde{A}^c}(u) \right\} \quad (5)$$

$$A_0 = \left\{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) = \mu_{\tilde{A}^c}(u) \right\} \quad (6)$$

式中: $\tilde{V}$ 为以对立相对隶属函数表示的模糊可变集合; A_+ 、 A_- 、 A_0 分别为 $\tilde{V}$ 的吸引(为主)域、排斥(为主)域、渐变式质变界。

定义2 设 C 是 $\tilde{V}$ 的可变因子集,

$$C = \{C_A, C_B, C_C\} \quad (7)$$

式中: C_A 为可变模型集; C_B 为可变模型参数集; C_C 为除模型及其参数外的可变其他因子集。

令

$$A^+ = \alpha(A_-) = \left\{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) < \mu_{\tilde{A}^c}(u), \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u)) > \mu_{\tilde{A}^c}(\alpha(u)) \right\} \quad (8)$$

$$A^- = \alpha(A_+) = \left\{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) > \mu_{\tilde{A}^c}(u), \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u)) < \mu_{\tilde{A}^c}(\alpha(u)) \right\} \quad (9)$$

式(8)、式(9)统一称为模糊可变集合 $\tilde{V}$ 关于可变因子集 C 的渐变式可变域。式中 $\mu_{\tilde{A}}(u)$ 和 $\mu_{\tilde{A}^c}(u)$ 分别表示对 u 作 C 变换后(模型的变换、模型中参数的变换等)关于 $\tilde{A}$ 和 $\tilde{A}^c$ 的相对隶属函数。

令

$$A^{(+)} = \alpha(A_{(+)}) = \left\{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) > \mu_{\tilde{A}^c}(u), \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u)) > \mu_{\tilde{A}^c}(\alpha(u)) \right\} \quad (10)$$

$$A^{(-)} = \alpha(A_{(-)}) = \left\{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) < \mu_{\tilde{A}^c}(u), \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u)) < \mu_{\tilde{A}^c}(\alpha(u)) \right\} \quad (11)$$

式(10)、式(11)统一称为模糊可变集合 $\tilde{V}$ 关于可变因子集 C 的量变域。

2 模糊可变评价方法

设系统的评价对象为 u ,用 m 个指标特征值进行评价,其指标特征值向量为

$$x = (x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m) = (x_i) \ (i = 1, 2, \dots, m) \quad (12)$$

已确定指标关于 $\tilde{A}$ 的相对隶属度向量为

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = (\mu_{\tilde{A}}(u)_1 \ \mu_{\tilde{A}}(u)_2 \ \dots \ \mu_{\tilde{A}}(u)_m) \quad (13)$$

参考笔者在文献[6]中推导模糊优选模型时相类似的思路,先建立指标的最大、最小相对隶属度向量

$$g = (1 \ 1 \ \dots \ 1) \quad (14)$$

$$b = (0 \ 0 \ \dots \ 0) \quad (15)$$

对于对立模糊集而言,则式(14)、式(15)相应地变为指标最大、最小相对隶属度矩阵

$$g = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$b = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (17)$$

设 m 个指标的权向量为

$$w = (w_1 \ w_2 \ \dots \ w_m) = (w_i) \ \sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad (18)$$

又设系统按 c 个级别进行评价,指标 i 、级别 h 的指标标准区间值 $[a_{ih}, b_{ih}]$ 为已知, $h = 1, 2, \dots, c$ 。指标 i 关于级别 h 的相对隶属度

$$\mu_{\tilde{A}}(u)_{ih} = \frac{1 + D_{\tilde{A}}(u)_{ih}}{2} \quad (19)$$

式中 $D_{\tilde{A}}(u)_{ih}$ 为指标 i 关于级别 h 的相对差异函数,可根据文献[7]中所述的方法确定(限于篇幅本文从略)。

参考连续统任一点上指标 i 特征值 x_i 关于级别 h 的相对隶属度以 $\mu_{\tilde{A}}(u)_{ih}$ 和 $\mu_{\tilde{A}^c}(u)_{ih}$ 表示,它们与参考连续统左、右端点或最大、最小相对隶属度的广义权距离分别为

$$d_{gh} = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i (1 - \mu_{\tilde{A}}(u)_{ih})^p] \right\}^{1/p} \quad (20)$$

$$d_{bh} = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i (1 - \mu_{\tilde{A}^c}(u)_{ih})^p] \right\}^{1/p} \quad (21)$$

式中 p 为距离参数, $p = 1$ 为海明距离, $p = 2$ 为欧氏距离。

根据对立模糊集有 $\mu_{\tilde{A}}(u)_{ih} + \mu_{\tilde{A}^c}(u)_{ih} = 1$, 则

$$d_{bh} = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i \mu_{\tilde{A}}(u)_{ih}^p] \right\}^{1/p} \quad (22)$$

设评价对象 u 对 A 关于级别 h 的综合相对隶属度以 $v_A(u)_h$ 表示, 按对模糊集有

$$v_A(u)_h + v_A(u)_h = 1 \tag{23}$$

$$v_A(u)_h = 1 - v_A(u)_h \tag{24}$$

将相对隶属度 $v_A(u)_h$ 和 $v_A(u)_h$ 分别定义为权重, 则与左、右极点的加权广义权距离分别为

$$D_{gh} = v_A(u)_h d_{gh} \tag{25}$$

$$D_{bh} = v_A(u)_h d_{bh} = (1 - v_A(u)_h) d_{bh} \tag{26}$$

建立目标函数

$$\min\{F(v_A(u)_h)\} = (v_A(u)_h)^2 d_{gh}^\alpha + (1 - v_A(u)_h)^2 d_{bh}^\alpha \tag{27}$$

解
$$\frac{dF(v_A(u)_h)}{dv_A(u)_h} = 0$$

得到
$$v_A(u)_h = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{gh}}{d_{bh}}\right)^\alpha} \tag{28}$$

式中 α 为优化准则参数, $\alpha = 2$ 时优化准则为最小二乘方准则, $\alpha = 1$ 时优化准则为加权最小一乘方准则。模型 (28) 称为模糊可变评价模型。其中的参数 α 和 p 可有 4 种搭配, 即

$$\alpha = 1 \begin{cases} p = 1 \\ p = 2 \end{cases}$$
$$\alpha = 2 \begin{cases} p = 1 \\ p = 2 \end{cases}$$

可见, 模糊可变评价模型是一个变化模型, 在可变模糊集理论中是一个十分重要的模型, 可广泛应用于不同领域的评价问题。

3 实例分析

应用模糊可变评价模型对西安市水资源可持续利用情况进行评价, 参考文献 [8], 选取 10 个评价指标: ①水资源开发利用率 x_1 (%) ; ②灌溉率 x_2 (%) ; ③地表水控制率 x_3 (%) ; ④水资源重复利用率 x_4 (%) ; ⑤水资源人均占有量 x_5 ($\text{m}^3/\text{人}$) ; ⑥人均供水

量 x_6 ($\text{m}^3/\text{人}$) ; ⑦渠系水利用系数 x_7 (%) ; ⑧客水利用率 x_8 (%) ; ⑨可利用水量模数 x_9 ($\text{万 m}^3/\text{km}^2$) ; ⑩水利工程投资比重 x_{10} (%) 。西安市水资源可持续利用评价指标规格化值及指标分级列于表 1 [8]。

从表 1 可知, 有 5 项指标落在 I 级区间(其中 2 项指标接近左极点), 有 3 项指标落在 III 级区间, 另 2 项指标落在 II 级区间。通过直接观察可初步估计级别特征值 H 介于 I ~ II 级之间。下面采用模糊可变评价方法进行精细评价。

采用文献 [8] 的指标权重如表 2 表示。

应用文献 [3] 相对差异函数及相对隶属函数计算公式, 当 x 落入 M 点左侧时相对差异函数模型为

$$\begin{cases} D_A(u) = \left(\frac{x-a}{M-a}\right)^\beta & x \in [a, M] \\ D_A(u) = -\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^\beta & x \in [c, a] \end{cases} \tag{29}$$

x 落入 M 点右侧时, 其相对差异函数模型为

$$\begin{cases} D_A(u) = \left(\frac{x-b}{M-b}\right)^\beta & x \in [M, b] \\ D_A(u) = -\left(\frac{x-b}{d-b}\right)^\beta & x \in [b, d] \end{cases} \tag{30}$$

x 落入 X 区间外时

$$D_A(u) = -1 \quad x \notin [c, d] \tag{31}$$

首先确定计算所需的吸引区间矩阵 AB 、排斥区间矩阵 CD 及 M 矩阵 [7]。根据相对差异函数模型, 西安市 10 项指标 3 个级别的 2 个矩阵分别为

$$AB = \begin{bmatrix} [43.75 \sim 56.25] & [56.25 \sim 68.75] & [68.75 \sim 81.25] \\ [6.25 \sim 23.75] & [23.75 \sim 41.25] & [41.25 \sim 58.75] \\ [0 \sim 10] & [10 \sim 20] & [20 \sim 30] \\ [42.5 \sim 57.5] & [57.5 \sim 72.5] & [72.5 \sim 87.5] \\ [411.29 \sim 333.75] & [333.75 \sim 311.25] & [311.25 \sim 288.75] \\ [368.75 \sim 321.25] & [321.25 \sim 273.75] & [273.75 \sim 226.25] \\ [0.505 \sim 0.595] & [0.595 \sim 0.685] & [0.685 \sim 0.775] \\ [0 \sim 0.40] & [0.40 \sim 0.80] & [0.80 \sim 2.02] \\ [8.75 \sim 11.25] & [11.25 \sim 13.75] & [13.75 \sim 171.69] \\ [0 \sim 0.45] & [0.45 \sim 1.15] & [1.15 \sim 1.85] \end{bmatrix}$$

表 1 西安市水资源可持续利用评价指标规格化值及指标分级

评价指标 规格化值 及指标分级	x_1 / %	x_2 / %	x_3 / %	x_4 / %	x_5 / ($\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1}$)	x_6 / ($\text{m}^3 \cdot \text{人}^{-1}$)	x_7 / %	x_8 / %	x_9 / ($\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$)	x_{10} / %
规格化值	64.29	23.52	7.30	44.40	411.29	264.42	0.54	2.02	171.69	0.48
I 级	43.75 ~ 56.25	6.25 ~ 23.75	0 ~ 10	42.5 ~ 57.5	411.29 ~ 333.75	368.75 ~ 321.25	0.505 ~ 0.595	0 ~ 0.4	8.75 ~ 11.25	0 ~ 0.45
分级 II 级	56.25 ~ 68.75	23.75 ~ 41.25	10 ~ 20	57.5 ~ 72.5	333.75 ~ 311.25	321.25 ~ 273.75	0.595 ~ 0.685	0.40 ~ 0.80	11.25 ~ 13.75	0.45 ~ 1.15
III 级	68.75 ~ 81.25	41.25 ~ 58.75	20 ~ 30	72.5 ~ 87.5	311.25 ~ 288.75	273.75 ~ 226.25	0.685 ~ 0.775	0.80 ~ 2.02	13.75 ~ 171.69	1.15 ~ 1.85

表 2 指标权重

w_{ij}	w_{1j}	w_{2j}	w_{3j}	w_{4j}	w_{5j}	w_{6j}	w_{7j}	w_{8j}	w_{9j}	w_{10j}
w_{i1}	0.131	0.059	0.039	0.123	0.171	0.143	0.149	0.039	0.131	0.013
w_{i2}	0.111	0.086	0.080	0.108	0.124	0.114	0.116	0.080	0.111	0.071
w_{i3}	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100

$$CD = \begin{bmatrix} [43.75 \sim 68.75] & [43.75 \sim 81.25] & [56.25 \sim 81.25] \\ [6.25 \sim 41.25] & [6.25 \sim 58.75] & [23.75 \sim 58.75] \\ [0 \sim 20] & [0 \sim 30] & [10 \sim 30] \\ [42.5 \sim 72.5] & [42.5 \sim 87.5] & [57.5 \sim 87.5] \\ [411.29 \sim 311.25] & [411.29 \sim 288.75] & [333.75 \sim 288.75] \\ [368.75 \sim 273.72] & [368.75 \sim 226.25] & [321.25 \sim 226.25] \\ [0.505 \sim 0.685] & [0.505 \sim 0.775] & [0.595 \sim 0.775] \\ [0 \sim 0.80] & [0 \sim 2.02] & [0.40 \sim 2.02] \\ [8.75 \sim 13.75] & [8.75 \sim 171.69] & [11.25 \sim 171.69] \\ [0 \sim 1.15] & [0 \sim 1.85] & [0.45 \sim 1.85] \end{bmatrix}$$

M 矩阵中 *M* 值的选取依据级别定义的物理概念而定,确定标准为:Ⅰ级取吸引区间[*a* ,*b*]的左极点 *a* 点为 *M* 点 ;Ⅱ级取吸引区间[*a* ,*b*]的中点(*a* + *b*)/2 点为 *M* 点 ;Ⅲ级取吸引区间[*a* ,*b*]的右极点 *b* 点为 *M* 点。由此得到西安市 10 项指标 3 个级别的 **M** 矩阵为

$$M = \begin{bmatrix} 43.75 & 62.5 & 81.25 \\ 6.25 & 32.5 & 58.75 \\ 0 & 15 & 30 \\ 42.5 & 65.0 & 87.50 \\ 411.29 & 322.50 & 288.75 \\ 368.75 & 297.50 & 226.25 \\ 0.505 & 0.640 & 0.775 \\ 0 & 0.60 & 2.02 \\ 8.75 & 12.50 & 171.69 \\ 0 & 0.80 & 1.85 \end{bmatrix}$$

计算西安市 10 项指标(*i* = 1 ,2 ,... ,10)对级别 *h*(*h* = 3)的指标相对差异度矩阵为

$$D_{\tilde{A}}(u)_{ih} = \begin{bmatrix} -0.643 & 0.714 & -0.357 \\ 0.013 & -0.013 & -1 \\ 0.27 & -0.27 & -1 \\ 0.873 & -0.873 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -0.196 & 0.196 \\ 0.611 & -0.611 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \\ -0.043 & 0.086 & -0.957 \end{bmatrix}$$

应用相对隶属度计算公式

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = (1 + D_{\tilde{A}}(u))/2 \tag{32}$$

计算得到相对隶属度矩阵为

$$\mu_{\tilde{A}}(u)_{ih} = \begin{bmatrix} 0.178 & 0.857 & 0.322 \\ 0.507 & 0.493 & 0 \\ 0.635 & 0.365 & 0 \\ 0.973 & 0.063 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.402 & 0.598 \\ 0.806 & 0.194 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0.479 & 0.543 & 0.021 \end{bmatrix}$$

应用模糊可变评价方法(式(28)),采用参数 α 和 *p* 的 4 种组合方式进行计算,并应用文献[2] 级别

特征值公式 $H = \sum_{h=1}^c h\mu_{\tilde{A}}(u)_{ih}$ 得到西安市水资源可持续利用水平级别特征值 *H*(表 3)。

表 3 西安市水资源可持续利用水平评价结果(变权重)

参数组合	<i>H</i>
$\alpha = 1 ,p = 1$	1.815
$\alpha = 1 ,p = 2$	1.890
$\alpha = 2 ,p = 1$	1.561
$\alpha = 2 ,p = 2$	1.744
平均值	1.753

权重是人们根据理论和经验知识按参评指标的重要性进行量化的重要模型参数,它是一个可变参数,本例采用 2 组权重值,为了比较,第 1 组采用文献[8]的权向量,第 2 组采用等权重 *w'* 进行了相同的计算,权重向量为

$$w' = [0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1]$$

计算结果列于表 4。

表 4 西安市水资源可持续利用水平评价结果(等权重)

参数组合	<i>H</i>
$\alpha = 1 ,p = 1$	1.846
$\alpha = 1 ,p = 2$	1.924
$\alpha = 2 ,p = 1$	1.628
$\alpha = 2 ,p = 2$	1.819
平均值	1.804

由表 3 及表 4 可看出,前面采用直接观察法得到的初步结论得到了验证,并得出精确的级别特征值,两种不同权重向量下得到的结果非常相近。在变权重条件下,西安市的水资源可持续利用水平级别特征值为 1.753,4 种评价结果的最大级差为 0.329;在等权重条件下,西安市的水资源可持续利用水平级别特征值为 1.804,4 种评价结果的最大级差为 0.296,4 种模型及 2 种可变权重得到的结果十分稳定,故将 8 个评价结果的均值作为该市的水资源可持续利用水平评价结果,即 $H \approx 1.8$,从而提高了评价结果的可靠性,总体表明西安市水资源可持续利用水平处于Ⅱ级水平,具有一定的开发潜力。

现与物元分析法成果比较分析如下：

应用文献[5]物元分析法计算得到西安市水资源可持续利用3个级别的关联度均为负值,即对Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ3级的关联度分别为 $K_1(P_0)=-0.48263$, $K_2(P_0)=-0.43925$, $K_3(P_0)=-0.60927$ 。根据文献[5]的可拓集合定义,关联度或关联函数为“-”表示不具有性质 P_0 ,其不具有程度分别为0.48263,0.43925,0.60927。但在文献[5]可拓集合的并运算定义中,却又把“-”号作为定量之用,即带“-”号进行关联度 $K_i(P_0)$ ($i=1,2,3$)数值取大运算,出现了西安市水资源可持续利用水平在不具有Ⅰ级,Ⅱ级,Ⅲ级水平的情况下,经过可拓集合并运算(取大运算)却得到了具有Ⅱ级水平的评价结果。显然这种在逻辑上的错误结果,其根源在于可拓集合在数学上存在逻辑错误,即可拓集合一方面把关联度前面的“-”号定义为不具有性质 P_0 ,作为定性之用,另一方面却把负关联度作为定量之用,带“-”号与其后面的关联度绝对值一起进行可拓集合运算,从而得到了逻辑上错误的西安市水资源可持续利用水平为Ⅱ级的结果。表面上看来该结果似乎与模糊可变评价方法的结果相差不多,但是逻辑错误的评价结果由于失去科学性,已无可比性。

4 结 语

区域水资源可持续利用水平是人们对该区水资源在某一时期可持续利用程度认识的概括,属于模糊概念,同时水资源可持续利用评价系统的影响因素众多而且关系复杂,是一个复杂的非线性系统^[9],一般的数学模型难以对其进行合理的描述。笔者提

出的可变模糊集理论是工程模糊集理论的进一步发展,对模糊现象、事物及概念具有广泛的适用性。模糊可变评价方法是建立在可变模糊集理论基础上的评价方法,是合理描述非线性系统中复杂关系的有效工具,根据模型与模型参数(权重)的可变性,使用该方法提高了区域水资源可持续利用水平评价结果的可靠性。模糊可变评价方法在其他学科领域也具有广泛的应用价值。

参考文献：

[1] 吕长安. 河北省水资源现状分析及解决措施[J]. 中国水利, 2003(3): 76-77.
[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.
[3] 陈守煜. 工程可变模糊集理论与模型——模糊水文水资源学数学基础[J]. 大连理工大学学报, 2005, 45(2): 308-312.
[4] 陈守煜. 可变模糊集合理论——兼论可拓学的数学与逻辑错误[J]. 大连理工大学学报, 2007, 47(4): 618-624.
[5] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
[6] 陈守煜. 系统模糊决策理论与应用[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1994.
[7] 陈守煜. 水资源与防洪系统可变模糊集理论与方法[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2005: 194-240.
[8] 李恩宽, 梁川. 物元分析法在西安市水资源开发利用综合评价中的应用[J]. 四川水力发电, 2005, 24(4): 15-19.
[9] 宋松柏, 蔡焕杰, 徐良芳. 水资源可持续利用指标体系及评价方法研究[J]. 水科学进展, 2003, 14(5): 647-652.

(收稿日期: 2006-06-20 编辑: 高建群)

· 简讯 ·

河海大学新增 2 个博士后科研流动站

经国家人事部批准,河海大学新增测绘科学与技术、管理科学与工程两个博士后科研流动站。

河海大学测绘科学与技术学科近年来发展迅速,在学科梯队建设方面取得了显著进步,科研与教学工作取得了丰硕的成果,获得国家科技进步奖 1 项、国家发明专利 3 项、部省级科技进步奖 7 项。学科建设中注重结合现代高新技术和国家经济建设的需要,立足于解决我国重大水利水电工程和江苏省特大桥梁工程中的测控技术问题,在“精密测量工程理论及技术”、“变形监测与安全监控”、“卫星定位技术及组合定位系统的研究”等领域有自己的特色,在全国同类学科中有着明显的优势,在教育部组织的全国一级学科综合排名中名列前茅。

河海大学管理科学与工程学科以江苏省重点学科“工程管理与项目管理”、江苏省国家重点学科培育点“技术经济及管理”学科、水文水资源与水利工程科学国家重点实验室(水管理方向)为支撑,专业师资队伍力量雄厚、结构合理,学科覆盖面广,科研工作紧密结合我国经济建设和社会发展需要,研究方向长期稳定且具有自身特色,在学术界与社会上享有良好声誉。近 5 年发表论文 1120 篇,出版专著 20 部,成果获国家科技进步奖 1 项、部省级科技进步奖或哲学社科奖 16 项。

至此,河海大学博士后科研流动站总数达到 7 个,另外 5 个分别是水利工程、土木工程、环境科学与工程、力学、工商管理。

(本刊编辑部供稿)