

可变模糊集模型及论可拓方法用于水科学的错误

陈守煜,袁晶瑄

(大连理工大学土木水利学院,大连 辽宁 116024)

摘要 给出可变模糊集相对隶属函数的表示形式与可变模糊集模型,它们是可变模糊集理论的重要内容,是模糊水文水资源学的基本模型,可用于评价、识别、预测等不同的场合,并列举了一个应用实例。以简明形式证明可拓学论著中关联函数基本公式的错误,分析了可拓学中的数学逻辑错误。指出可拓方法不能用于水科学等工程领域。

关键词 可变模糊集模型;模糊水文水资源学;数学逻辑错误

中图分类号:P33 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2007)06-0001-06

Variable fuzzy sets model and demonstration of inaccuracy of extensible methods applied in water science

CHEN Shou-yu, YUAN Jing-xuan

(School of Civil and Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract The relative membership functions in the theory of variable fuzzy sets and model of variable fuzzy sets are the basic models of fuzzy hydrology and water resources, and can be applied in different fields such as assessment, recognition, forecast and so on. And a corresponding case was given. The inaccuracy of the basic equations of dependent function in books and papers of extenics was proved in concise form, and the mathematic logic inaccuracy in extenics was analyzed, which showed that the extensible methods could not be applied in water science field, and so on.

Key words variable fuzzy sets model; fuzzy hydrology and water resources; mathematic logic inaccuracy

1987 年陈守煜提出创建模糊水文学(Fuzzy Hydrology)^[1](后拓展为模糊水文水资源学)。由于水文水资源水环境系统的动态可变性,1965 年 Zadeh 提出的静态模糊集合^[2]不能适应模糊水文水资源学在数学上的要求。为此,陈守煜建立以相对隶属函数为基础的工程模糊集理论^[3],提出可变模糊集理论^[4-5]。它们不仅是模糊水文水资源学的数学基础,同时,可应用于其他领域,尤其是工程领域。本文作为文献[3-5]工作的继续,给出可变模糊集的相对隶属函数表示形式与可变模糊集模型。文中以简明形式证明可拓学中关联函数基本公式的错误,分析论证了可拓学中存在的数学逻辑错误,进一步指出其不能在水文、水资源、水环境、水利水电等水科学工程领域中应用。

1 可变模糊集模型

1.1 可变模糊集相对隶属函数表示模式

定义 设论域 U 上的对立模糊概念(事物、现象)以 $\tilde{A}$ 与 $\tilde{A}^c$ 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 $\tilde{A}$ 与 $[0, 1]$ 对 $\tilde{A}^c$ 任一点上,吸引与排斥性质的相对隶属度分别为 $\mu_{\tilde{A}}(u)$ 与 $\mu_{\tilde{A}^c}(u)$ 。令

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

$$A_+ = \{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) > \mu_{\tilde{A}^c}(u) \} \quad (2)$$

$$A_- = \{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) < \mu_{\tilde{A}^c}(u) \} \quad (3)$$

$$A_0 = \{ u \mid u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) = \mu_{\tilde{A}^c}(u) \} \quad (4)$$

基金项目:国家自然科学基金(50779005);水利部科技创新项目(SCXC 2005-01)
作者简介:陈守煜(1930—)男,浙江宁波人,教授,博士生导师,主要研究方向为模糊水文水资源学、水利水电工程、模糊系统与数学。
E-mail: chensycc1@yahoo.com.cn

设 C 是可变因子集,

$$C = \{C_A, C_B, C_C\} \quad (5)$$

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

$$A^+ = \alpha(A_-) = \{u | u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) < \mu_{\tilde{A}}(u), \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u)) > \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u))\} \quad (6)$$

$$A^- = \alpha(A_+) = \{u | u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) > \mu_{\tilde{A}}(u), \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u)) < \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u))\} \quad (7)$$

$$A^{(+)} = \alpha(A_{(-)}) = \{u | u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) > \mu_{\tilde{A}}(u), \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u)) > \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u))\} \quad (8)$$

$$A^{(-)} = \alpha(A_{(+)}) = \{u | u \in U, \mu_{\tilde{A}}(u) < \mu_{\tilde{A}}(u), \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u)) < \mu_{\tilde{A}}(\alpha(u))\} \quad (9)$$

定义式(1)~(9)称为以相对隶属函数表示的模糊可变集合 V 。 A_+ 、 A_- 、 A_0 分别称为模糊可变集合的吸引(为主)域、排斥(为主)域和渐变式质变界, V 称为对立模糊集。

可变模型集包括陈守煜在工程模糊集理论中提出的模糊优选模型、模糊模式识别模型、模糊聚类循环迭代模型以及模糊决策、识别与聚类的统一模型等。可变模型参数集包括模型的指标权重、指标标准值等重要模型参数。下面给出可变模糊集模型^[7]:

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_g}{d_b}\right)^\alpha} \quad (10)$$

$$d_g = \left\{ \sum_{i=1}^m [w_i(1 - \mu_{\tilde{A}}(u)_i)]^p \right\}^{1/p} \quad (11)$$

$$d_b = \left\{ \sum_{i=1}^m (w_i \mu_{\tilde{A}}(u)_i)^p \right\}^{1/p} \quad (12)$$

式中: $\mu_{\tilde{A}}(u)$ 为事物 u 所具有的特征吸引性质 A 程度的相对隶属度; w_i 为指标 i 权重; α 为模型优化准则参数; p 为距离参数。

通常情况下模型(10)中 α 、 p 可有4种搭配:

$$\alpha = 1, p = \begin{cases} 1 \\ 2 \end{cases}; \quad \alpha = 2, p = \begin{cases} 1 \\ 2 \end{cases} \quad (13)$$

当 $\alpha = 1, p = 2$ 时: 式(10)变为

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = \frac{d_b}{d_b + d_g} \quad (14)$$

在式(11)和(12)中, 取 $p = 2$, 即取欧氏距离, 此时式(14)相当于理想点模型, 属于可变模糊集模型的一个特例。

当 $\alpha = 1, p = 1$ 时: 式(10)变为

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = \sum_{i=1}^m w_i \mu_{\tilde{A}}(u)_i \quad (15)$$

式(15)相当于模糊综合评判模型, 是一个线性

模型, 属于可变模糊集模型的又一个特例。

当 $\alpha = 2, p = 1$ 时: 式(10)变为

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{1 - d_b}{d_b}\right)^2} \quad (16)$$

$$d_b = \sum_{i=1}^m w_i \mu_{\tilde{A}}(u)_i \quad (17)$$

式(16)为 Sigmoid 型函数, 可用于描述神经网络系统中神经元的激励函数。

当 $\alpha = 2, p = 2$ 时: 式(10)变为

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_g}{d_b}\right)^2} \quad (18)$$

$$d_g = \sqrt{\sum_{i=1}^m [w_i(1 - \mu_{\tilde{A}}(u)_i)]^2} \quad (19)$$

$$d_b = \sqrt{\sum_{i=1}^m (w_i \mu_{\tilde{A}}(u)_i)^2} \quad (20)$$

此时可变模糊集模型相当于模糊优选模型。由此可见, 可变模糊集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, 可广泛应用于水文、水资源、水环境、水利水电等水科学与工程领域的评价、识别、预测等问题。

1.2 相对差异函数模型

1.2.1 相对差异函数定义

$$D_{\tilde{A}}(u) = \mu_{\tilde{A}}(u) - \mu_{\tilde{A}}(u) \quad (21)$$

当 $\mu_{\tilde{A}}(u) > \mu_{\tilde{A}}(u)$, $0 < D_{\tilde{A}}(u) \leq 1$; 当 $\mu_{\tilde{A}}(u) = \mu_{\tilde{A}}(u)$, $D_{\tilde{A}}(u) = 0$; 当 $\mu_{\tilde{A}}(u) < \mu_{\tilde{A}}(u)$, $-1 \leq D_{\tilde{A}}(u) < 0$ 。

$D_{\tilde{A}}(u)$ 称为 u 对 $\tilde{A}$ 的相对差异度。映射

$$\begin{cases} D_{\tilde{A}}: U \rightarrow [-1, 1] \\ u \mapsto D_{\tilde{A}}(u) \in [-1, 1] \end{cases} \quad (22)$$

称为 u 对 $\tilde{A}$ 的相对差异函数。

由

$$\mu_{\tilde{A}}(u) + \mu_{\tilde{A}}(u) = 1 \quad (23)$$

可得

$$D_{\tilde{A}}(u) = 2\mu_{\tilde{A}}(u) - 1$$

或

$$\mu_{\tilde{A}}(u) = (1 + D_{\tilde{A}}(u))/2 \quad (24)$$

1.2.2 相对差异函数模型

设 $X_0 = [a, b]$ 为实轴上可变模糊集合 V 的吸引域, 即 $0 < D_{\tilde{A}}(u) \leq 1$ 区间, $X = [c, d]$ 为包含 X_0 ($X_0 \subset X$) 的某一上、下界范围域区间。如图1所示。

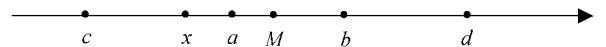


图1 点 x 、 M 与区间 $[a, b]$ 、 $[c, d]$ 的位置关系
根据可变模糊集合 V 定义可知 $[c, a]$ 与 $[b, d]$

均为 $\tilde{Y}$ 的排斥域,即 $-1 \leq D_A(u) < 0$ 区间。设 M 为吸引域区间 $[a, b]$ 中 $D_A(u)=1$ 的点值,可根据实际情况按物理分析确定。 x 为 X 区间内的任意点的量值,则 x 落入 M 点左侧时,其相对差异函数模型为^[7]

$$D_A(u) = \begin{cases} \left(\frac{x-a}{M-a}\right)^\beta, & x \in [a, M] \\ -\left(\frac{x-a}{c-a}\right)^\beta, & x \in [c, a] \end{cases} \quad (25)$$

x 落入 M 点右侧时,其相对差异函数模型为

$$D_A(u) = \begin{cases} \left(\frac{x-b}{M-b}\right)^\beta, & x \in [M, b] \\ -\left(\frac{x-b}{d-b}\right)^\beta, & x \in [b, d] \end{cases} \quad (26)$$

当 $\beta=1$ 时相对差异函数模型为线性函数,式(25)与(26)满足:

- ①当 $x=a$ 、 $x=b$ 时, $D_A(u)=0$;
- ②当 $x=M$ 时, $D_A(u)=1$;
- ③当 $x=c$ 、 $x=d$ 时, $D_A(u)=-1$ 。符合相对差异函数定义。

$D_A(u)$ 确定以后,根据式(24)可求解相对隶属度 $\mu_A(u)$ 。

1.2.3 相对差异函数识别公式

设事物 u 对特性 A 与 A^C 的相对隶属度为 $\mu_A(u)$ 与 $\mu_{A^C}(u)$,其相对差异度为 $D_A(u)$ 。相对差异函数 $D_A(u)$ 从1变到-1,其间必经过渐变式质变点 $D_A(u)=0$ 。

设点 $D_A(u)=1$ 、 $D_A(u)=-1$ 分别表以 c 、 d ;点 $D_A(u)=1$ 、 $D_A(u)=0$ 分别表以 a 、 b 。由于 M 表示 $D_A(u)=1$ 的点,则 c 、 a 、 M 三点重合如图2所示。

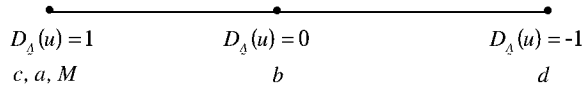


图2 相对差异函数识别示意图

$$D_A(u) = \begin{cases} \left(\frac{x-b}{a-b}\right)^\beta, & x \in [a, b] \\ -\left(\frac{x-b}{d-b}\right)^\beta, & x \in [b, d] \end{cases} \quad (27)$$

式(27)称为相对差异函数识别公式。

2 可拓学(物元分析)的数学错误

2.1 可拓集合关联函数基本公式错误的简明证明

1983年蔡文在文献《可拓集合和不相容问题》中给出的以关联函数 $K(x)$ 为核心的可拓集合定义,以后发表了以“距”与“位值”概念为基础,在可拓学论著^[8-11]中多次介绍的关联函数 $K(x)$ 基本公式:

$$K(x) = \rho(x, X_0) / D(x, X_0, X) \quad (28)$$

式中 $X_0=[a, b]$, $X=[c, d]$, $X \supset X_0$,且无公共端点。其中

$$\rho(x, X_0) = |x - (a+b)/2| - (b-a)/2 \quad (29)$$

$$\rho(x, X) = |x - (c+d)/2| - (d-c)/2 \quad (30)$$

$$D(x, X_0, X) = \begin{cases} \rho(x, X) - \rho(x, X_0) & x \notin X_0 \\ -1 & x \in X_0 \end{cases} \quad (31)$$

在研究过程中发现文献[8-11]发表的关联函数式(28)是错误的,致使在水文、水资源、水环境、水利水电等工程领域应用中出现了大范围的数学与数学逻辑错误。现以简明形式证明如下。

a. 证明 $x \notin X_0$ 关联函数式(28)的错误。

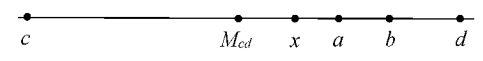


图3 点 x 、 M_{cd} 与区间 $[a, b]$ 、 $[c, d]$ 相对位置关系之一

点 x 、 M_{cd} 与区间 $[a, b]$ 、 $[c, d]$ 的相对位置关系有多种,图3为其中之一,即区间 $[a, b]$ 在 $[c, d]$ 中点 M_{cd} 的右侧,且 M_{cd} 不在 $[a, b]$ 内。当 $x \in [c, a]$ 且 x 点落入 M_{cd} 的右侧时,即 x 点落入区间 $[M_{cd}, a]$,此时关联函数基本式(28)是错误的。现证明如下。

根据可拓学关于点与区间关系的定义,由图3可知:

$$\rho(x, X_0) = \overline{xa}, \rho(x, X) = -\overline{xd}$$

式中 $\overline{xa}$ 、 $\overline{xd}$ 分别为线段长度。

由 $x \notin X_0$ 的关联函数式(28),根据图3,此关联函数为

$$K(x) = \frac{\overline{xa}}{-\overline{xd} - \overline{xa}} = -\frac{\overline{xa}}{\overline{xd} + \overline{xa}} = -\frac{a-x}{(d-x) + (a-x)} = \frac{a-x}{2x-a-d} \quad (32)$$

在文献[12]中已经证明式(32)是错误的。因此,当 $x \notin X_0$, $x \in [c, a]$, $x > \frac{c+d}{2}$ 时,关联函数式(28)是错误的,证毕。

b. 如图4所示,即 $[a, b]$ 在 M_{cd} 的左侧且 M_{cd} 不在 $[a, b]$ 内,当 $x \in [b, d]$ 且 x 点落入 $[b, M_{cd}]$ 内,文献[12]也已证明了式(28)是错误的。

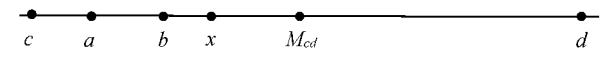


图4 点 x 、 M_{cd} 与区间 $[a, b]$ 、 $[c, d]$ 相对位置关系之二

2.2 可拓最大关联度评定准则的数学逻辑错误

可拓学中关联度计算是可拓量化的基本步骤,但可拓工程方法^[8-9]中的最大关联度准则

$$K_j(p) = \max K_j(p), \quad j \in \{1, 2, \dots, m\} \quad (33)$$

在数学逻辑上是错误的,现分析论证如下:可拓学论著中,定义了“可拓集合用取 $(-\infty, \infty)$ 的实数

来表示事物具有某种性质的程度 ,正数表示具有该性质的程度 ,负数表示不具有该性质的程度 ,零则表示既有该性质又不具有该性质 ”。

可见可拓集合中已明确规定 :数学中的“ + ”、“ - ”号作为定性之用 ,即正、负号分别表示具有与不具有性质 P ;具有与不具有 P 的程度用“ + ”、“ - ”号后面的数字表示 ,但是在式 (33)中 ,却又把“ + ”、“ - ”号作为定量之用 ,即“ + ”、“ - ”号与其后面数字的大小一起参与了比较 ,把具有与不具有性质 P 的两类不同性质的数据进行综合比较 ,从而在数学上出现了逻辑错误。在可拓学的工程应用中 ,用最大关联度准则式(33)所得到结果 ,都具有上述逻辑错误 ,现列举两例如下。

例 1 某文献用可拓方法计算了黄河流域9个行政分区水资源可再生能力综合评价研究中的关联函数 ,其计算结果列于表 1(表 1 中Ⅰ级表示水资源可再生能力最强 ;Ⅱ级较强 ;Ⅲ级中等 ;Ⅳ级较弱 ;Ⅴ级最弱)。

表 1 黄河流域行政分区关联度计算结果

地区	水质等级				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
青海	- 0.689	- 0.496	- 0.205	0.057	- 0.349
四川	- 0.454	- 0.261	0.075	- 0.288	- 0.490
甘肃	- 0.709	- 0.506	- 0.335	- 0.020	- 0.277
宁夏	- 0.788	- 0.700	- 0.570	- 0.378	0.061
内蒙古	- 0.773	- 0.700	- 0.555	- 0.270	0.005
山西	- 0.719	- 0.537	- 0.325	0.011	- 0.271
陕西	- 0.702	- 0.518	- 0.258	0.036	- 0.302
河南	- 0.634	- 0.414	0.017	- 0.071	- 0.400
山东	- 0.584	- 0.384	- 0.030	- 0.128	- 0.425
黄河流域 (含内流区)	- 0.713	- 0.544	- 0.294	0.045	- 0.285

以山东为例作一简要说明。应用可拓评价准则 (33)式 ,黄河流域山东行政分区对Ⅲ级的关联度 (- 0.030)最大 ,故评定山东水资源可再生能力属于Ⅲ级(中等)。

事实上 ,由表 1 的数据可知 ,黄河流域山东行政分区水资源可再生能力等级Ⅰ ~ Ⅴ级的关联度均为负值 ,根据可拓集合关联函数为负 ,在定性上已假定不具有性质 P ,因而山东不具有Ⅰ ~ Ⅴ级的性质 ,其不具有的程度分别为 0.584 ,0.384 ,0.030 ,0.128 ,0.425。但准则(33)式却又把“负”号作为定量之用 ,即带负号进行数值大小之间的比较 ,出现了山东在不具有Ⅰ ~ Ⅴ级性质的关联度大小比较中 ,却得到了山东具有Ⅲ级性质的评定结果。显然 ,这种在逻辑上的错误结果 ,是由于准则(33)式在数学上存在逻辑错误所致。

例 2 某文献应用物元分析法得到松花江哈尔滨江段水质等级Ⅰ ~ Ⅴ的综合关联函数为 $k_1(u) =$

$- 0.467\ 0$, $k_2(u) = - 0.439\ 1$, $k_3(u) = - 0.212\ 2$, $k_4(u) = - 0.243\ 2$, $k_5(u) = - 0.470\ 0$ 。可见哈尔滨江段水质Ⅰ ~ Ⅴ级的关联函数均为负值 ,根据可拓集合定义 ,其关联函数为负 ,在定性上已假定不具有性质 P 。因此 ,哈尔滨江段水质不具有Ⅰ ~ Ⅴ级性质 ,其不具有程度分别为 0.467 0 ,0.439 1 ,0.212 2 ,0.243 2 ,0.470 0。但根据可拓集合并运算定义却又把“负”号作为定量之用 ,即带负号进行关联函数 $k_i(u)$ 数值大小之间的比较 ,出现了哈尔滨江段的水质在不具有Ⅰ ~ Ⅴ级性质的关联函数大小比较中 ,却得到该江段的水质具有Ⅲ级性质的评价结果。这种逻辑上的错误评价 ,是由可拓集合定义与可拓集合并运算定义在数学逻辑上存在的错误所致^[12 ,13]。

类似的数学逻辑错误 ,在可拓工程应用领域 ,其中包括在水文水资源、水环境、水利水电工程 etc 水科学领域 ,不胜枚举。

3 应用实例

引用文献 [14]中的资料 ,应用可变模糊集模型 ,对福建省境内 29 个站点就中亚热带、南亚热带区域界带的问题进行划分。文献 [14]采用的 3 个识别指标 ① $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 x_1 ;②最冷月均温 x_2 ;③极端低温均值 x_3 。3 项识别指标的吸引(为主)域与上、下界特征值列于表 2。福建省境内 29 个站点的 3 项识别指标特征值 x_1 , x_2 , x_3 等有关数据列于表 3。水文气象自然地理界带划分的可变模糊识别方法的概念为 : $N = \{\text{中亚热带} \rightarrow \text{南亚热带}\}$, $N_1 = \{\text{中亚热带}\}$, $N_2 = \{\text{南亚热带}\}$, $N_1 , N_2 \in N$,对任一站点 $u \in N$,计算 u 隶属于 N_1 或 N_2 的综合相对隶属度 ,即 u 隶属于中亚或南亚热带的程度。

表 2 中亚、南亚热带 3 项指标的吸引(为主)域与上、下界特征值

地区	[a_1 b_1]	[a_2 b_2]	[a_3 b_3]
中亚热带 N_1	[5300 6500]	[4 10]	[- 6 0]
南亚热带 N_2	[6500 8000]	[10 15]	[0 5]

现以求解南靖站点(29)对于中亚热带的相对隶属度为例 ,对计算过程予以简要说明。

由表 3 知南靖的 3 项识别指标特征值向量为

$$x = (x_1 \quad x_2 \quad x_3) = (7453.5 \quad 12.8 \quad 0.8)$$

根据表 2 ,已知南靖对于中亚热带 3 项指标 [a_i b_i] [c_i d_i] 区间($i = 1, 2, 3$)的特征值矩阵分别为

$$(A \ B) = \begin{bmatrix} 5300 & 6500 \\ 4 & 10 \\ -6 & 0 \end{bmatrix} \qquad (C \ D) = \begin{bmatrix} 5300 & 8000 \\ 4 & 15 \\ -6 & 5 \end{bmatrix}$$

表 3 福建省境内 29 个站点的 3 项识别指标特征值									
序号	站点 u	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 x_1	最冷月 均温 x_2	极端低温 均值 x_3	序号	站点 u	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 x_1	最冷月 均温 x_2	极端低温 均值 x_3
1	永安	6108.1	9.1	-3.0	16	闽侯	6422.9	10.4	0.5
2	大田	5950.3	9.6	-3.1	17	永泰	6324.0	10.3	-1.6
3	长汀	5670.3	7.8	-3.9	18	福清	6534.5	10.8	1.8
4	连城	5938.1	8.9	-2.9	19	莆田	6876.8	11.5	1.4
5	漳平	6709.2	11.2	-2.0	20	仙游	6790.2	11.4	0.2
6	龙岩	6381.7	11.3	-0.9	21	德化	5583.6	9.1	-3.3
7	武平	6266.6	9.6	-3.1	22	永春	6936.9	12.0	0.0
8	上杭	6478.4	10.2	-1.7	23	安溪	7239.7	12.5	1.7
9	永定	6561.6	10.8	-2.0	24	南安	7269.8	12.3	1.9
10	古田	5793.9	8.7	-3.3	25	同安	7430.2	12.8	2.2
11	罗源	6115.9	9.7	-0.6	26	华安	7229.1	12.4	-0.8
12	连江	6117.5	9.8	-0.5	27	长泰	7417.7	12.7	1.5
13	福州	6506.8	10.6	1.4	28	漳州	7444.3	12.8	2.3
14	闽清	6388.0	10.3	-1.5	29	南靖	7453.5	12.8	0.8
15	长乐	6351.0	10.3	1.3					

综合相对隶属度 $\nu_A(u \text{ } \alpha = 1)$						综合相 对隶属 度均值	综合相对隶属度 $\nu_A(u \text{ } \alpha = 1)$						综合相 对隶属 度均值
序号	站点	不等权		等权			序号	站点	不等权		等权		
		$p = 1$	$p = 2$	$p = 1$	$p = 2$				$p = 1$	$p = 2$	$p = 1$	$p = 2$	
1	永安	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	16	闽侯	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
2	大田	0.67	0.66	0.67	0.67	0.67	17	永泰	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
3	长汀	0.78	0.77	0.78	0.78	0.78	18	福清	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
4	连城	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	19	莆田	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
5	漳平	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	20	仙游	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
6	龙岩	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	21	德化	0.74	0.72	0.74	0.73	0.73
7	武平	0.63	0.62	0.63	0.62	0.63	22	永春	0.38	0.38	0.38	0.39	0.38
8	上杭	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	23	安溪	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
9	永定	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	24	南安	0.27	0.27	0.27	0.28	0.27
10	古田	0.72	0.72	0.73	0.72	0.72	25	同安	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
11	罗源	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	26	华安	0.36	0.36	0.36	0.37	0.36
12	连江	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	27	长泰	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
13	福州	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	28	漳州	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23
14	闽清	0.55	0.54	0.55	0.55	0.55	29	南靖	0.27	0.28	0.27	0.29	0.28
15	长乐	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47							

根据图 2 ,南靖对中亚热带 3 项指标的特征值向量 M 为

$$M = (5300 \quad 4 \quad -6)$$

因南靖 3 项识别指标特征值向量 x 全部位于 M 点的右侧 ,故应用相对差异函数识别公式(27) 相对隶属度式(24)计算得到南靖对中亚热带 3 项指标的相对隶属度向量为

$$\mu_A(u) = (0.18 \quad 0.22 \quad 0.42)$$

类似地 ,求得其他站点的 3 项识别指标对中亚热带的相对隶属度。

为计算 29 个站点对中亚热带隶属的综合相对隶属度 ,应用可变模糊集模型式(10)。

根据文献 [14] 3 项指标的不等权向量

$$w = (0.34 \quad 0.34 \quad 0.32)$$

先采用式(10)中距离参数 $\alpha = 1$ 、 $p = 1$ 的线性

模型 ,即

$$\nu_A(u) = \sum_{i=1}^m w_i \mu_A(u)_i$$

解得 29 个站点隶属于中亚热带的综合相对隶属度 $\nu_A(u)$ 列于表 4 第 3 列。

对模型进行变换 ,取模型参数 $\alpha = 1$, $p = 2$ 的非线性模型 ,应用式(10)作类似的求解 ,计算得到 29 个站点隶属于中亚热带的综合相对隶属度 $\nu_A(u)$,列于表 4 第 4 列。

将指标权重变换为等权重 ,应用式(10)求得 $\alpha = 1$, $p = 1$ 与 $\alpha = 1$, $p = 2$ 时 3 项指标为等权重情况下 ,29 个站点隶属于中亚热带的综合相对隶属度 ,列于表 4 第 5、6 列。

由于模型与模型参数权向量的变换 ,29 个站点的综合相对隶属度不仅稳定在各自的量变域 ,而且

其综合相对隶属度的变化不大。可取各站点模型及其参数变换后 4 项综合相对隶属度的均值 $\bar{\nu}_A(u)$ 作为最后的结果,这样可以提高成果的可信度。则得 29 个站点归属于中亚热带的综合相对隶属度均值 $\bar{\nu}_A(u)$ 列于表 4 的第 7 列。

由表 4 中 29 站点第 2、7 列可绘成福建境内中亚与南亚热带的综合相对隶属度均为 0.5 的界带划分等值线(图 5)。

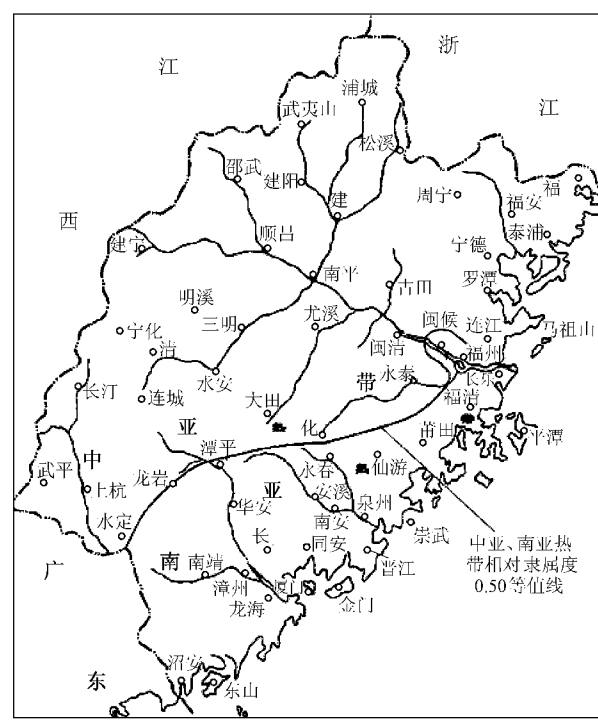


图 5 福建境内中亚、南亚热带相对隶属度为 0.5 等值线

通过实例可见可变模糊集方法有以下特点:

- ①模糊可变集合只要计算各站点对中亚热带的指标综合相对隶属度,不必计算对南亚热带的指标综合相对隶属度,因为两者之和等于 1,即可以应用对立模糊集^[12]。两种综合相对隶属度值,具有内在的联系,符合辩证法思维逻辑。
- ②模糊可变集合在成果中,体现了“可变”集合的概念,表明由于模型的变换,模型参数权重的变换,体现了可变的主题。
- ③根据模糊可变集合概念,龙岩对中亚、南亚热带的综合相对隶属度相等,即各为 0.5,两者的差值为 0,即差异函数为 0。这就从根本上揭示了龙岩是中亚、南亚热带平衡界(或渐变式质变界)的本质。

文献[14]应用可拓工程(物元模型)方法,研究自然地理区域界线的定量划分,并确定福建省境内中亚、南亚热带界线划分的最佳位置。由于文献[12-13]已详细指出了可拓学的数学逻辑错误与关联函数基本公式的错误,故本文不再进行比较。

4 结 语

本文在陈守煜工程模糊集理论上,给出可变模糊集的相对隶属函数表达形式与可变模糊集模型,它们是可变模糊集理论的核心,是经典模糊集理论的发展,也是模糊水文水资源学的数学基础,在文献[4]基础上,文中以简明形式证明了可拓学论著^[8-11]中关联函数基本式(28)的错误,论述了可拓最大关联度准则在数学上的逻辑错误。这些错误导致可拓学(物元分析、物元模型)在工程领域应用中出现了大范围的错误,故本文再次强调指出,可拓关联函数基本公式与可拓最大关联度准则不能应用于水文水资源、水环境、水利水电工程领域,也不能用于其他工程领域。

参考文献:

- [1] 陈守煜. 模糊水文学[J]. 大连理工大学学报, 1988, 28(1): 93-97.
- [2] Zadeh L. A. Fuzzy sets[J]. Inf and Control, 1965, 8(3): 338-353.
- [3] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [4] 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.
- [5] 陈守煜. 可变模糊集理论哲学基础[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2005, 26(1): 53-57.
- [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.
- [8] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 124-125.
- [9] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [10] 蔡文. 可拓论及其应用[J]. 科学通报, 1999, 44(7): 673-682.
- [11] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [12] 陈守煜. 可变模糊集理论—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.
- [13] 陈守煜. 模糊可变集合与可变模糊识别模型兼论可拓集合的数学逻辑错误[C]//数学及其应用. 北京: 原子能出版社, 2007.
- [14] 晏路明. 可拓工程方法在自然地理界线划分中的应用[J]. 地理研究, 1999(1): 53-58.

(收稿日期 2007-01-27 编辑 舒建)