

## 模糊物元模型在新疆农业水资源可持续利用评价中的应用

李 林<sup>1</sup>,付 强<sup>2,3</sup>,贺延国<sup>2</sup>

(1. 塔里木大学农业工程学院,新疆 阿拉尔 843300;2. 东北农业大学水利与建筑学院,哈尔滨 150030;

3. 北大荒集团公司博士后科研工作站,黑龙江农垦总局,哈尔滨 150040)

**摘 要:**在模糊物元分析的基础上,结合欧氏贴近度的概念,提出了基于欧氏贴近度的模糊物元分析方法。在对区域水资源可持续利用进行综合评价时,把各地区各开发利用阶段作为物元的事物,以它们的各项评价指标及其相应的模糊量值构造复合模糊物元,通过计算与标准模糊物元之间的欧氏贴近度,并采用层次分析法计算各评价指标的权重,实现对各地区水资源可持续利用的综合评价与排序。该模型被应用到新疆农业水资源可持续综合评价中,取得了较好的效果,对新疆水资源的开发具有重要的指导意义。

**关键词:**模糊物元;欧氏贴近度;水资源可持续利用;层次分析法

**中图分类号:**S273

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)04-0046-03

## Fuzzy Matter element Model for Evaluating Sustainable Utilization of Agriculture Water Resources in Xinjiang

LI Lin<sup>1</sup>,FU Qiang<sup>2,3</sup>,HE Yan guo<sup>2</sup>

(1. School of Agricultural Engineering, Tarimu University, Alar, Xinjiang 843300, China;

2. College of Water Conservancy & Architecture, Northeast

Agricultural University, Harbin 150030, China;

3. Doctoral Working Station of Beidahuang Company, Heilongjiang Land

Reclamation Bureau, Harbin 150040, China)

**Abstract:** In order to evaluate regional water resources sustainable utilization, a new method on the basis of the fuzzy matter element analysis is put forward combined with the concept of Euclid approach degree, regarding the regional samples and the utilization phases as the object of matter element and constructs the compound fuzzy matter element with the evaluation factors and their fuzzy value of the object. Through calculating Euclid approach degree between the fuzzy matter element and the standard (the best) fuzzy matter element, the authors achieve on development and utilization phase of regional water resources and its optimum order, with the calculated weight adopting the analytical hierarchy process method and the model applied to the evaluation of water resources sustainable utilization in Xinjiang. It provides significant reference for sustainable development of water resources in Xinjiang.

**Key words:** fuzzy matter element; Euclid approach degree; water resources sustainable utilization; AHP method

近年来,对水资源的可持续利用评价,各国学者提出了灰色聚类法、模糊综合评价法和人工神经网络评价法等<sup>[1,2]</sup>,这些方法各有特点。但是,在进行区域水资源可持续利用综合评价研究时,由于各单项评价指标的评判结果往往是不相容的,直接利用评价标准难以作出确切的评价;而且由于评价标准是界限明显的量化标准,这将遗漏一些有用的信息,甚至会导致错误的结论。我国学者蔡文教授提出的物元分析理论,以促进事物转化、解决不相容问题为核心,适用于多因子评价问题。这里在物元分析的基础上,结合模糊集合和欧氏贴近度的概念,建立了基于欧氏贴近度的模糊物元分析方法。对地区和各利用阶段构造复合模糊物元,并计算与标准模糊物元的欧氏贴近度,从而对地区水资源开发利用程度进行排序和评定开发利用阶段。同时,还采用层次分析法计

算各评价指标的权系数,以提高评价结果的准确性。

### 1 基于欧氏贴近度的模糊物元模型

#### 1.1 模糊物元和复合模糊物元<sup>[3,4]</sup>

给定事物的名称  $N$ ,它关于特征  $c$  的量值为  $v$ ,以有序三元  $R = (N, c, v)$  组作为描述事物的基本元,简称物元。事物名称  $N$ ,特征  $c$  和量值  $v$  称为物元的三要素。如果其中量值具有模糊性,便称为模糊物元。如果事物  $N$  有  $n$  个特征  $c_1, c_2, \dots, c_n$  和相应的模糊量值  $v_1, v_2, \dots, v_n$ ,称  $R$  为  $n$  维模糊物元,简记为  $R = (N, C, V)$ 。

如果  $m$  个事物的  $n$  维物元组合在一起,便构成  $m$  个事物  $n$  维复合物元,记作  $R_{mn}$ 。若将式(1)的量值改为模糊物

\* 收稿日期:2005-07-05

基金项目:塔里木大学校长基金资助项目(TDZKSS05018)

作者简介:李林(1977—),男,四川内江人,硕士,主要从事水资源系统分析研究。

元量值,称为  $m$  个事物  $n$  维复合模糊物元,记作  $R_{mn}$ ,见式(2)。

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ c_1 & x_{11} & x_{21} & \dots & x_{m1} \\ c_2 & x_{12} & x_{22} & \dots & x_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_n & x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ c_1 & u_{11} & u_{21} & \dots & u_{m1} \\ c_2 & u_{12} & u_{22} & \dots & u_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_n & u_{1n} & u_{2n} & \dots & u_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: $R_{mn}$ —— $m$  个事物  $n$  维复合物元; $R_{mn}$ —— $m$  个事物  $n$  维复合模糊物元; $M_i$ ——第  $i$  个事物, $i=1,2,\dots,m$ ; $c_k$ ——第  $k$  项特征, $k=1,2,\dots,n$ ; $x_{ik}$ ——第  $i$  个事物第  $k$  项特征对应的量值  $di=1,2,\dots,m,k=1,2,\dots,n$ ; $u_{ik}$ ——第  $i$  个事物第  $k$  项特征对应的模糊量值, $i=1,2,\dots,m,k=1,2,\dots,n$ 。

1.2 从优隶属度原则

各单项评价指标相应的模糊量值,从属于标准方案各对应评价指标相应的模糊量值隶属程度,称为从优隶属度。由此建立的原则,称为从优隶属度原则。一般有两种类型的指标:

越大越优型:

$$u_{ik} = X_{ik} / \max X_{ik} \quad (3)$$

越小越优型:

$$u_{ik} = \min X_{ik} / X_{ik} \quad (4)$$

式中: $u_{ik}$ ——第  $i$  个事物第  $k$  项特征对应的模糊量值, $i=1,2,\dots,m,k=1,2,\dots,n$ ; $X_{ik}$ ——第  $i$  个事物第  $k$  项特征对应的量值, $i=1,2,\dots,m,k=1,2,\dots,n$ ; $\max X_{ik}$ 、 $\min X_{ik}$ ——各事物中每一项特征所有量值  $X_{ik}$  中的最大值和最小值。

1.3 标准模糊物元与差平方复合模糊物元

由式(2)可以构成标准方案的  $n$  维模糊物元  $R_{0n}$ ,其中各项由  $R_{mn}$  中各方案从优隶属度中的最大值或最小值确定,则得到

$$R_{0n} = \begin{bmatrix} & M_1 \\ c_1 & u_{m1} \\ c_2 & u_{m2} \\ \vdots & \vdots \\ c_n & u_{m1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

若以  $ij = (i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,m)$  表示标准模糊物元  $R_{0n}$  与复合模糊物元  $R_{mn}$  中各项差的平方,则组成差平方复合模糊物元  $R$ ,即

$$R = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & \dots & M_m \\ c_1 & 11 & 21 & \dots & m1 \\ c_2 & 12 & 22 & \dots & m2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_n & 1n & 2n & \dots & mn \end{bmatrix} \quad (6)$$

式中: $ij = (u_{0i} - u_{ji})^2, i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,m$ 。

1.4 层次分析法确定权重

评价一个事物  $N$  的优劣时,以权系数来衡量各评价指标的重要程度,表示为  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 。这里采用层次分析法<sup>[7]</sup>来确定各评价指标间的相对重要性次序,从而得到各评价指标的权重,并且在合成之前归一化,即

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (w_i > 0, i=1,2,\dots,n) \quad (7)$$

1.5 欧氏贴近度和综合评价<sup>[5]</sup>

考虑到本文具有综合评价的意义,采用  $M(\cdot, +)$  算法,即先乘后加运算欧氏贴近度  $H_j$ ,则

$$H_j = 1 - \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n |u_{ij} - u_{0j}|} \quad (j=1,2,\dots,m) \quad (8)$$

式中: $H_j$ ——第  $n$  个方案与标准方案之间的相互接近程度,其值越大,表示两者越接近;反之,则相差越大。然后以此来构造欧氏贴近度复合模糊物元  $R_H$ ,则

$$R_H = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & M_m \\ H_j & H_1 & H_2 & H_m \end{bmatrix} \quad (9)$$

欧氏贴近度是表示各方案与标准方案(最优方案)之间的贴近程度,可以根据欧氏贴近度的大小对各方案进行优劣排序,并可进行分类。

2 应用实例

目前新疆应用水资源中,农业用水的比例占到 90%。水资源开发利用过程中,一方面,由于干旱缺水,造成土地沙漠化、次生盐碱化、水土流失、草原旱化矮化;而另一方面水资源又在大量浪费,耕地每  $\text{hm}^2$  水量高达  $28\,600\,\text{m}^3$ 。水资源开发利用引发的生态环境问题几乎均与农用水资源有关,农用水资源的浪费问题、水管理问题及水环境问题已不容忽视。

以新疆水资源可持续利用综合评价为例,说明基于欧氏贴近度的模糊物元模型的应用。本文以新疆的利用情况与各利用阶段作为事物进行排序,并根据排序结果来评定新疆水资源可持续利用情况。

2.1 水资源开发利用阶段

水资源系统是以水为主体构成的一种特定的系统,这个系统是指处在一定范围或环境下,为实现水资源开发利用目标,由相互联系、相互制约、相互作用的若干水资源工程单元和管理技术单元所组成的有机体。其可持续利用是随着社会需求的增长和经济技术水平的提高而不断增加的,区域水资源的开发利用总是在一定的自然条件和社会经济技术条件的约束下进行的,一般要经历 3 个阶段: 水资源开发利用初始阶段。该阶段水资源开发规模小,开发利用程度低,发展缓慢,经济处于耗水型阶段,但水资源开发潜力巨大; 水资源开发利用发展阶段。该阶段水资源开发已具有一定的规模,经济类型由耗水型逐步向节水型过渡,并开始重视水资源的综合管理,水资源的开发利用仍有较大的潜力; 水资源开发利用饱和阶段。该阶段水资源开发利用程度已接近极限,利用率高,开发潜力小,经济类型是以节水型为主,水资源综合管理达到一定的水平。

2.2 水资源开发利用评价指标

影响区域水资源可持续利用的因素很多:既有供水方面的因素,又有需水方面的因素;既有直接因素,又有间接因素。根据指标体系的完全性原则、简捷易得性原则、相对独立性原则和客观性原则,参照全面水资源供需分析中的指标体系<sup>[6]</sup>和一些关于水资源评价指标体系的研究成果<sup>[8-11]</sup>。选取了以下 9 个相对性评价指标,分别为:耕地灌溉率  $I_1$ ,水资源利用率  $I_2$ ,地表水资源开发利用程度为  $I_3$ ,地下水水资源开发程度  $I_4$ ,供水模数  $I_5$ ,需水量模数  $I_6$ ,灌溉用水指标  $I_7$ ,生态环境用水率  $I_8$ ,渠系水利用系数  $I_9$ 。新疆农业水资源的评价指标特征值<sup>[11]</sup>见表 1。

根据文献[11]把水资源开发利用阶段分为 3 个阶段。根据文献[11]得到这 3 个阶段各自的评价指标值,见表 2。

表 1 新疆农业水资源综合利用评价指标值

评价	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	$I_7$	$I_8$	$I_9$
因素	%	%	%	%	$(10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$(10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$(\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	%	%
	89	79	53	7.9	10.10	70	12000	23	0.6

表 2 水资源开发利用阶段指标值

评价	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	$I_7$	$I_8$	$I_9$
因素	%	%	%	%	$(10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$(10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$(\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	%	%
	20	50	50	30	10	10	9000	25	0.35
	20~600	750~750	70~70		10~60	10~60	4500~9000	15~25	35~0.7
	60	75	70	70	60	60	4500	15	0.7

## 2.3 评价模型的建立

根据上述理论和评价指标体系,建立评价模型的步骤如下:

步骤 1:确定复合物元。对于新疆水资源利用开发联合体系共 4 个方案,根据表 1 和表 2 中的数据确定各方案中 9 项评价指标的复合物元。

步骤 2:确定从优隶属度。根据步骤 1 所确定的复合物元,对越大越优型指标,采用式(3)计算;对越小越优型指标,

$$J = \begin{pmatrix} 1.0000 & 0.5681 & 0.3916 & 0.0710 & 0.1297 & 0.8989 & 0.8090 & 0.5169 & 0.5219 \\ 1.7603 & 1.0000 & 0.6893 & 0.1250 & 0.2283 & 1.5823 & 1.4241 & 0.9098 & 0.9187 \\ 2.5539 & 1.4508 & 1.0000 & 0.1814 & 0.3312 & 2.2956 & 2.0660 & 1.3200 & 1.3329 \\ 8.9823 & 8.0000 & 5.5141 & 1.0000 & 1.8264 & 8.6582 & 8.3924 & 7.2785 & 7.3499 \\ 7.7104 & 4.3802 & 3.0191 & 0.5475 & 1.0000 & 6.9307 & 6.2376 & 3.9851 & 4.0243 \\ 1.1125 & 0.6320 & 0.4356 & 0.0790 & 0.1443 & 1.0000 & 0.9000 & 0.5750 & 0.5806 \\ 1.2361 & 0.7022 & 0.4840 & 0.0878 & 0.1603 & 1.1111 & 1.0000 & 0.6389 & 0.6452 \\ 1.9348 & 1.0991 & 0.7576 & 0.1374 & 0.2509 & 1.7391 & 1.5652 & 1.0000 & 1.0098 \\ 1.9160 & 1.0884 & 0.7502 & 0.1361 & 0.2485 & 1.7222 & 1.5500 & 0.9903 & 1.0000 \end{pmatrix} \quad (11)$$

然后,采用方根法求出判断矩阵的最大特征根  $\lambda_{\max} = 8.8955$  及其对应的特征向量并归一化,以得到评价指标的权重集  $W$ ,  $W = (0.0316, 0.0556, 0.0807, 0.3924, 0.2437, 0.0352, 0.0391, 0.0612, 0.0606)$ 。最后进行一致性检验。一致性指标  $CI = 0.0131$ ,平均随机性指标  $RI = 1.45$ ,则随机一致性比率  $CR = 0.0090$ 。因为  $CR = 0.0090 < 0.10$ ,所以其结果有满意的一致性。确定的权重集  $W$  即为所求的各评价因子的权重。

步骤 6:计算欧氏贴近度。根据式(10)和得出的权系数  $W$ ,由式(8)计算得到各方案的欧氏贴近度  $H_i = (0.2857, 0.4106, 0.6687, 0.7855)$ 。

## 2.4 评价结果分析

根据欧氏贴近度大小可作出评价:新疆农业水资源属于水资源开发利用初始阶段。该阶段水资源开发规模小,开发利用程度低,发展缓慢,经济处于耗水型阶段,但水资源开发

## 参考文献:

- [1] 付强. 农业水土资源系统分析与综合评价[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [2] 潘峰,梁川,王志良,等. 模糊物元模型在区域水资源可持续利用综合评价中的应用[J]. 水科学进展,2003,14(3):271-275.
- [3] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1994.21-31,188-206,267-275.
- [4] 张斌,雍歧东,肖芳淳. 模糊物元分析[M]. 北京:石油工业出版社,1997.
- [5] 肖芳淳. 模糊物元贴近度聚类分析的研究[J]. 新疆石油地质,1999,19(4):281-283.
- [6] 贾嵘,薛小杰,薛惠锋. 区域水资源开发利用程度综合评价[J]. 中国农村水利水电,1999,11:22-24.
- [7] 赵焕臣,许树柏,和金生. 层次分析法——一种简易的新决策方法[M]. 北京:科学技术出版社,1986.1-43.
- [8] 潘理中,金懋高. 中国水资源与世界各国水资源统计指标的比较[J]. 水科学进展,1996,7(4):376-380.
- [9] 左东启,戴树声,袁汝华,等. 水资源评价指标体系的研究[J]. 水科学进展,1996,7(4):367-373.
- [10] 金光炎. 平原地下水资源评价[M]. 北京:水利出版社,1992.
- [11] 张红丽,陈旭,雷海章,等. 新疆农业水资源可持续利用能力的评价[J]. 新疆农垦经济,2004,(2):22-25.

采用式(4)计算。

步骤 3:确定标准方案(最优方案)模糊物元。标准方案模糊物元是根据各项方案中的最大值或最小值确定的。步骤 2 已对各方案指标值进行了从优隶属度的计算,这里仅取最大值组成标准方案的模糊物元,即  $u_{di} = 1.0, i = 1, 2, \dots, 10$ 。

步骤 4:根据式(6)计算各方案评价指标与标准方案指标之间差的平方值  $ji$ ,得到差的平方复合模糊物元  $R$ ,即

$$R = \begin{pmatrix} 0.6011 & 0 & 0.2500 & 0.4444 \\ 0.1348 & 0 & 0.0400 & 0.1111 \\ 0.0590 & 0.0816 & 0.0115 & 0 \\ 0.7870 & 0.3265 & 0.0816 & 0 \\ 0.6917 & 0.6944 & 0.1736 & 0 \\ 0 & 0.7347 & 0.2500 & 0.0204 \\ 0 & 0.0625 & 0.2101 & 0.3906 \\ 0.0064 & 0 & 0.0400 & 0.1600 \\ 0.0204 & 0.2500 & 0.0816 & 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

步骤 5:用层次分析法确定评价指标的权系数<sup>[6]</sup>。首先,根据各方案实测值的均值来构造判断矩阵  $J$ ,即

潜力巨大,尤其是地下水资源的开发利用潜力巨大。

## 3 结 论

(1)把欧氏贴近度与模糊物元结合起来,建立了基于欧氏贴近度的模糊物元模型,并应用到区域水资源可持续利用的综合评价中,能评价出各地区的水资源开发利用是属于哪个阶段。采用层次分析法来确定各评价指标的权重,具有较强的逻辑性、实用性和系统性,并能准确地得出各评价指标的权系数,使模型具有很强的实用性,评价结果更符合实际情况。

(2)根据评价结果,新疆农业水资源属于水资源开发利用初始阶段,科学地掌握了新疆农业水资源开发利用程度及其潜力,为新疆的农业水资源可持续开发利用提供科学的决策依据,以此来实现新疆的社会经济可持续和稳定的发展。