

物元模型在新疆水资源承载力综合评价中的应用

汤亚林¹ 朱帅帮²

(1.塔里木大学农业工程学院 新疆 阿拉尔 843300 ;2.石河子市巴音沟河道管理处 新疆 石河子 832116)

摘要 采用物元分析法建立了区域地下水资源承载力的评价模型,并用该模型对新疆的地下水资源承载力进行综合评价。评价结果为新疆的地下水资源承载力属于Ⅲ级,已接近饱和值,进一步开发利用的潜力较小。

关键词 地下水资源;承载力;评价指标;新疆

中图分类号:TV213.9 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2006)03-0040-03

Application of matter-element model to the evaluation of water resources carrying capacity in Xinjiang

TANG Ya-lin¹, ZHU Shuai-bang²

(1. School of Agricultural Engineering, Tarimu University, Alar 843300, China; 2. Department of River Management of Bayingou in Shihezi City, Shihezi 832116, China)

Abstract Based on the matter-element model, a groundwater carrying capacity evaluation model was established and applied to the evaluation of groundwater carrying capacity in Xinjiang. It is concluded that the capacity there is of class III, which approaches to the saturation value. There is little potential for further exploitation and utilization.

Key words groundwater resources; carrying capacity; evaluating index; Xinjiang

水资源承载力一般是指在一定的技术经济水平和社会生产条件下,水资源可最大供给工农业生产、居民生活用水和生态环境保护等用水的能力,也即水资源最大开发容量,在这个容量下水资源可以自然循环和更新,并不断地被人们利用,造福于人类,同时不会造成环境恶化^[1]。水资源作为区域经济发展的基础资源之一,应合理加以开发,加强保护。为了水资源的可持续利用,就要对区域的农业水资源承载力进行合理、全面地评价,为经济决策提供科学依据^[1-2]。

影响区域水资源承载力的因素很多,各因素之间相互作用、影响和制约,以不同的特征和相互组合对地下水资源承载力进行评价,其评价结果常常具有矛盾性、不确定性和不相容性^[2]。我国学者蔡文教授提出的物元分析理论,是研究解决矛盾问题的规律和方法。它以促进事物转化、解决不相容问题为核心,适用于多因子的评价问题。本文对新疆农业水资源承载力的数据进行关联分析,建立用于综合评价区域农

业水资源承载力的物元模型。

1 物元模型的建立

1.1 基本模型

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^[3]。如果事物 N 有多个特征,它以 n 个特征 $c_1, c_2, \dots, c_n$ 和相应的量值 $v_1, v_2, \dots, v_n$ 描述,则表示为

$$R = \begin{bmatrix} N & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & & \\ & & \\ & c_n & v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \\ R_n \end{bmatrix}$$

这时,称 R 为 n 维物元,简记为 $R=(N, C, V)$ 。

1.2 经典域与节域物元矩阵

当 N_0 为标准事物,关于特征 c_i 量值范围 $v_{0i}=[a_{0i}, b_{0i}]$ 时,经典域的物元矩阵可表示为

作者简介:汤亚林(1957—),男,河南永城人,副教授,主要从事农业水资源、水利工程及建筑方面的教学与研究工作。E-mail: Zhangling000888@sohu.com

$$R_0 = (N_0, C, V_0) = \begin{bmatrix} N_0 & c_1 & [a_{01}, b_{01}] \\ & c_2 & [a_{02}, b_{02}] \\ & & \vdots \\ & c_n & [a_{0n}, b_{0n}] \end{bmatrix}$$

若由标准事物 N_0 加上可转化为标准的事物所组成的物元 R_p 称为节域物元, 则 $v_p = [a_{pi}, b_{pi}]$ 为节域物元关于特征 c_i 的比相应标准扩大了的量值范围。节域物元矩阵表示为

$$R_p = (N_p, C, V_p) = \begin{bmatrix} N_p & c_1 & [a_{p1}, b_{p1}] \\ & c_2 & [a_{p2}, b_{p2}] \\ & & \vdots \\ & c_n & [a_{pn}, b_{pn}] \end{bmatrix}$$

显然, 这里有 $[a_{0i}, b_{0i}] \subset [a_{pi}, b_{pi}], i = 1, 2, \dots, n$ 。

1.3 关联函数及关联度的计算

关联函数表示物元的量值取值为实轴上一点时, 物元符合要求的范围程度。由于可拓集合的关联函数可用代数式来表达, 就使得解决不相容问题能够定量化。令有界区间 $x_0 = [a, b]$ 的模式定义为

$$|x_0| = |b - a|$$

某一点 x 到区间 $x_0 = [a, b]$ 的距离为

$$\rho = (\rho(x, x_0)) = |x - \frac{1}{2}(a + b)| - \frac{1}{2}(b - a)$$

(1)

则关联函数 $K(x)$ 定义为

$$K(x) = \begin{cases} \frac{-\rho(x, x_0)}{|x_0|} & x \in x_0 \\ \frac{\rho(x, x_0)}{\rho(x, x_p) - \rho(x, x_0)} & x \notin x_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\rho(x, x_0)$ 为点 x 与有限区间 $x_0 = [a, b]$ 的距离; $\rho(x, x_p)$ 为点 x 与有限区间 $x_p = [a_p, b_p]$ 的距离; x, x_0, x_p 分别为待评物元的量值、经典域物元的量值范围和节域物元的量值范围。

1.4 评价标准

关联函数 $K(x)$ 的数值表示评价单元符合某标准范围的隶属程度。当 $K(x) \geq 1.0$ 时, 表示被评价对象超过标准对象上限, 数值愈大, 开发潜力愈大; 当 $0 \leq K(x) \leq 1.0$ 时, 表示被评价对象符合标准对象要求的程度, 数值愈大, 愈接近标准上限; 当 $-1.0 \leq$

$K(x) < 0$ 时, 表示被评价对象不符合标准对象要求, 但具备转化为标准对象的条件, 且值愈大, 愈易转化; 当 $K(x) \leq -1.0$ 时, 表示被评价对象不符合标准对象要求, 且又不具备转化为标准对象的条件。

1.5 事物的综合关联度和质量等级评定

待评事物 N_x 关于等级 j 的综合关联度

$$K_j(N_x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_j(x_i) \quad (3)$$

式中: $K_j(N_x)$ 为待评事物关于等级 j 的综合关联度; $K_j(x_i)$ 为待评事物关于各等级的关联度 ($j = 1, 2, \dots, n$); α_i 为各评价指标的权系数。若

$$K_{j0} = \max(K_j(N_x))$$

则评定事物 N_x 属于等级 j_0 。

2 实例分析

目前新疆农业用水的比例已占到 90%。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, 耕地用水量高达 $28\,600\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 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、水资源管理及水环境问题已不容忽视。

2.1 评价指标与分级标准^[4]

影响区域水资源承载力的因素很多, 既有供水方面的又有需水方面的; 既有直接又有间接因素。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, 参照全国水资源供需分析中的指标体系^[5-6]和一些关于水资源评价指标体系的研究成果^[7-11]。选取了 9 个相对性评价指标: 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 I_3 , 地下水资源开发程度 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 。

根据文献[11]把 9 个评价指标对水资源承载力影响的程度划分为 3 个等级。其中Ⅰ级表示该区仍有较大的承载力, Ⅱ级表示该区水资源开发利用已有相当规模, 但仍有一定的开发利用潜力, Ⅲ级表示水资源的承载力已接近饱和值, 进一步开发利用的潜力较小, 评价标准和新疆农业水资源的评价指标特征值^[11]见表 1。

表 1 综合评价标准指标及新疆地区评价结果

评价因素	$I_1/\%$	$I_2/\%$	$I_3/\%$	$I_4/\%$	$I_5/(\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$I_6/(\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$I_7/(\text{万 m}^3 \cdot \text{km}^{-2})$	$I_8/\%$	I_9
Ⅰ	20	50	50	30	10	10	0.9	25	0.35
Ⅱ	20~60	50~75	50~75	30~70	10~60	10~60	0.4500~0.9	15~25	0.35~0.7
Ⅲ	60	75	70	70	60	60	0.45	15	0.7
新疆	89	79	53	7.9	10.10	70	1.2	23	0.6

2.2 评价物元模型

a. 确定经典物元矩阵

根据表 1 取 I ~ III 级评价标准对应的取值范围作为经典域 $R_{01} \sim R_{03}$ 。

$$R_{01} = \begin{bmatrix} \text{I} & I_1 & [0.20] \\ & I_2 & [0.50] \\ & I_3 & [0.50] \\ & I_4 & [0.30] \\ & I_5 & [0.10] \\ & I_6 & [0.10] \\ & I_7 & [0.9, 1.2] \\ & I_8 & [25, 30] \\ & I_9 & [0.0, 0.35] \end{bmatrix}$$
$$R_{02} = \begin{bmatrix} \text{II} & I_1 & [20, 60] \\ & I_2 & [50, 75] \\ & I_3 & [50, 75] \\ & I_4 & [30, 70] \\ & I_5 & [10, 60] \\ & I_6 & [10, 60] \\ & I_7 & [0.45, 0.9] \\ & I_8 & [15, 25] \\ & I_9 & [0.35, 0.7] \end{bmatrix}$$
$$R_{03} = \begin{bmatrix} \text{III} & I_1 & [60, 100] \\ & I_2 & [75, 100] \\ & I_3 & [70, 100] \\ & I_4 & [70, 100] \\ & I_5 & [60, 80] \\ & I_6 & [60, 80] \\ & I_7 & [0.0, 0.45] \\ & I_8 & [0, 15] \\ & I_9 & [0.7, 1.0] \end{bmatrix}$$

b. 确定节域物元

根据表 1 中评价因子的取值范围来确定节域 R_p 。

$$R_p = \begin{bmatrix} \text{I} \sim \text{III} & I_1 & [0, 100] \\ & I_2 & [0, 100] \\ & I_3 & [0, 100] \\ & I_4 & [0, 100] \\ & I_5 & [0, 80] \\ & I_6 & [0, 80] \\ & I_7 & [0, 1.2] \\ & I_8 & [0, 50] \\ & I_9 & [0, 1.0] \end{bmatrix}$$

c. 计算权系数

对于评价等级 $N_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 门限值 x_{ij} 的权系数为

$$\alpha_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, \dots, 9)$$

计算的权系数见表 2。

d. 综合关联度及评价结果

根据公式 (1)(2)(3) 计算新疆的综合关联度, 见表 3。由表 3 可以看出, 新疆水资源的承载力为 III 级, 已接近饱和值, 进一步开发利用的潜力较小, 该

评价结果与文献 [11] 中的评价结果相一致。

表 2 权系数

α_{ij}	α_{1j}	α_{2j}	α_{3j}	α_{ij}	α_{1j}	α_{2j}	α_{3j}
α_{i1}	0.1019	0.1307	0.1459	α_{i6}	0.0510	0.1143	0.1459
α_{i2}	0.2548	0.2041	0.1824	α_{i7}	0.0046	0.0021	0.0011
α_{i3}	0.2548	0.2041	0.1703	α_{i8}	0.1274	0.0653	0.0365
α_{i4}	0.1529	0.1633	0.1703	α_{i9}	0.0018	0.0016	0.0017
α_{i5}	0.0510	0.1143	0.1459				

表 3 综合关联度

承载力级别	I	II	III
$k_j (N_e)$	-0.2839	-0.2687	-0.1962

3 结 论

a. 物元模型计算方法简便, 容易进行计算机编程。模型的关联函数可以取负值, 这样该方法可以全面地分析待评价对象属于某一等级的程度, 使评价结果更为准确, 因此用来综合评价区域水资源承载力是合理可行的。

b. 利用物元模型对新疆的水资源承载力进行评价, 得出了新疆的水资源承载力为 III 级, 评价结果符合实际情况, 为水资源开发利用和保护而做短期、长期规划提供了比较客观的依据, 为区域经济的发展奠定了基础。

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] 门宝辉, 王志良, 梁川, 等. 物元模型在区域地下水资源承载力综合评价中的应用[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2003, 35(1): 34-37.

[3] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.

[4] 张鑫, 王纪科, 蔡焕杰, 等. 区域地下水资源承载力综合评价研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(3): 24-27.

[5] 施嘉场. 水资源综合利用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1995.

[6] 水利电力部水文局. 中国水资源评价[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 黑龙江省水文总站. 区域水资源分析计算方法[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.

[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.

(收稿日期: 2005-07-20 编辑: 舒建)