

可持续发展综合评判方法研究

段力平 胡其勇 唐德善

(河海大学水利水电工程学院 ,江苏 南京 210098)

摘要 :根据“一票否决”的思想 ,针对模糊综合评价方法提出一个可以体现可持续发展思想的数学评价模型 .该模型不仅计算简单 ,而且其结果能在方案发展不协调时进行调整 ,使模糊排序更具科学性、客观性 .文中还给出了利用这一数学模型对华北地区可持续发展进行综合评判的实例 .

关键词 :可持续发展 ;次约束 ;模型 ;综合评价

中图分类号 :F062.4 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2001)02-0047-05

1 研究目的

随着 21 世纪的到来 ,人口问题、资源问题、环境问题、生态问题日益凸显 .这迫使人们改变过去陈旧、落后的发展观念 ,转向一种全新的发展观点——可持续发展 .而随着可持续发展研究的兴起和深入 ,人们不仅仅要对可持续发展进行定性的研究 ,而且还要对其进行定量、科学、有说服力的研究 .这就涉及到大量的指标、参数 .而要将这些指标、参数统一起来 ,就要求我们建立一种模型 ,能充分反映不同地区可持续发展的程度和协调性 .这种可持续发展综合评判模型能满足这种要求 .可持续发展是协调、和谐的发展 .若方案的某一指标很差 ,就不能称其为可持续发展 .而模型中的“一票否决”比较准确地反映了这种思想 .

2 现行综合评价方法及其缺陷

设待评判方案 n 个 ,评价因素 m 个 .其定量指标特征矩阵为

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} = (x_{ij})_{mn} \tag{1}$$

x_{ij} 为 j 方案中第 i 个评价因素的指标特征值 .

方案评判有两个基本性质 :一是模糊性 ;二是相对性 .模糊性指的是方案中的“优”没有明确的定义 ,用的指标是对模糊集合的隶属度 ,用隶属度来表示方案的好坏 .相对性是指方案的好坏仅对参加评优的全体方案而言 ,而与非方案集(未入选的方案)中的方案无关 .

据此 ,首先定义优向量与次向量 :

$$X_{you} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m) \tag{2}$$

$$X_{ci} = (\underline{x}_1, \underline{x}_2, \dots, \underline{x}_m) \tag{3}$$

式中 $\bar{x}_i$ —— n 个方案中最好的 i 因素的指标特征值 ; $\underline{x}_i$ —— n 个方案中最差的 i 因素的指标特征值 .

依据下列准则将矩阵(1)转化为相应的隶属度 .

a. 对越大越优型评价因素用式(4)计算隶属度 .

$$r_{ij} = (x_{ij} - \underline{x}_i) / (\bar{x}_i - \underline{x}_i) \tag{4}$$

b. 对越小越优型评价因素用式(5)计算隶属度 .

$$r_{ij} = (\bar{x}_i - x_{ij})(\bar{x}_i - \underline{x}_i) \quad (5)$$

由式(1)(4)(5)可得模糊矩阵

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} = (r_{ij})_{mn} \quad (6)$$

而对应于优向量和次向量,隶属度也有优隶属度向量和次隶属度向量,分别定义为

$$R_{you} = (\bar{r}_1, \bar{r}_2, \dots, \bar{r}_m) = (1, 1, \dots, 1) \quad (7)$$

$$R_{ci} = (\underline{r}_1, \underline{r}_2, \dots, \underline{r}_m) = (0, 0, \dots, 0) \quad (8)$$

式中: $\bar{r}_i$ —— n 个方案中 i 因素最好的隶属度; $\underline{r}_i$ —— n 个方案中 i 因素最差的隶属度。

给 m 个评价因子赋予不同的权重值,构成权向量

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_m) \quad (9)$$

且满足归一化条件

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad w_i \geq 0 \quad (10)$$

定义:备选方案 j 的隶属度为

$$R_j = (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{mj})^T \quad (11)$$

$$d(R_j, R_{you}) = \left[\sum_{i=1}^m (w_i (r_{ij} - \bar{r}_i))^2 \right]^{1/2} \quad (12)$$

$d(R_j, R_{you})$ 为方案 j 与优隶属度 R_{you} 的欧氏距离。

$$d(R_j, R_{ci}) = \left[\sum_{i=1}^m (w_i (r_{ij} - \underline{r}_i))^2 \right]^{1/2} \quad (13)$$

称 $d(R_j, R_{ci})$ 为方案 j 与次隶属度 R_{ci} 的欧氏距离。

$$D(R_j, R_{ci}) = U_{jci} \cdot d(R_j, R_{ci}) \quad (14)$$

$$D(R_j, R_{you}) = U_{jyou} \cdot d(R_j, R_{you}) \quad (15)$$

式中: U_{jyou} ——方案 j 从属于 R_{you} 的隶属度; $D(R_j, R_{you})$ ——方案 j 的权优异度; U_{jci} ——方案 j 从属于 R_{ci} 的隶属度; $D(R_j, R_{ci})$ ——方案 j 的权次异度。

目标函数定为各权优异度和权次异度的平方和最小

$$\min \left\{ F = \sum_{j=1}^n [(U_{jyou} \cdot d(R_j, R_{you}))^2 + (U_{jci} \cdot d(R_j, R_{ci}))^2] \right\} \quad (16)$$

$$U_{jyou} + U_{jci} = 1 \quad (17)$$

解目标函数,得

$$U_{jyou} = \frac{1}{d^2(R_j, R_{you})} \left/ \left(\frac{1}{d^2(R_j, R_{you})} + \frac{1}{d^2(R_j, R_{ci})} \right) \right. \quad (18)$$

在操作中,这种评判方法有时会掩盖事实真相。例如:某方案有个因素或有组因素极差,但其他因素极佳。这样,好的因素往往掩盖了差的因素,其评价结果可能会很靠前。但事实上可持续发展是全面的、和谐的发展。类似于“经济起飞,公害泛起”;“高速增长,资源破坏”等不协调的发展将是不可取的。以下模型可以体现可持续发展的观点。

3 可持续发展综合评价方法

定义

$$S_k = \{s_1, s_2, \dots, s_t\} = (0, 0, \dots, 0)^T \quad (19)$$

式中: S_k ——所选的第 k 组次约束组(次约束组就是在 m 个因素中任选 t 个因素,当 t 取值为 m 时,所得到的评价结果即为现行评价方法得出的评价结果);次约束组常常选相关性较强的几个因素或者根据决策者的偏好建立次约束组; s_i ——所选次约束组的第 i 因素的最不合适隶属度。

$$R_j = (r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{ij})^T$$

r_{ij} 为备选方案 j 对应于所选次约束组的第 i 个因素的隶属度.

20

$$d(R_j, S_k) = \left[\sum_{i=1}^t \left(\frac{w_i}{\sum_{i=1}^t w_i} \times (r_{ij} - S_i) \right)^2 \right]^{1/2}$$

21

$$D(R_j, S_k) = U_{jk}^* d(R_j, S_k)$$

22

$$U_{jyou} + U_{jci} + U_{jk} = 1$$

23

式中: $d(R_j, S_k)$ ——方案 j 与次约束组 S_k 的欧氏距离; U_{jk} ——方案 j 从属于次约束组 S_k 的隶属度. 在计算 $d(R_j, S_k)$ 时应对因素权重进行调整. 因其因素集合变小, 故权重的调整为某因素初始权重除以所考虑的次约束因素组合的初始权重之和. 当只考虑一种因素时, 权重上升为 1.

目标函数

$$\min \left\{ F = \sum_{j=1}^n \left[\frac{1}{L} (D(R_j, R_{you})^2 + D(R_j, R_{ci})^2 + \sum_{k=1}^{L-1} (D(R_j, S_k))^2) \right] \right\}$$

24

$$L = P + 1 \quad P \text{ 为所选的次约束组个数}$$

25

解目标函数, 得

$$U_{jyou} = \frac{\frac{L}{d^2(R_j, R_{you})}}{\frac{L}{d^2(R_j, R_{you})} + \frac{1}{d^2(R_j, R_{ci})} + \sum_{k=1}^{L-1} \frac{1}{d^2(R_j, S_k)}}$$

26

$d^2(R_j, S_k)$ 很小时, U_{jyou} 主要受 $d^2(R_j, S_k)$ 的控制, 而 $d^2(R_j, S_k)$ 较大时, 它对 U_{jyou} 的影响变小, 其他因素便发挥了作用. 此时, 应用于可持续发展研究时, $d^2(R_j, S_k)$ 很小时, 它便为可持续发展的“瓶颈”因素. 当各组的 $d^2(R_j, S_k)$ 较大时, 其发展的协调性就比较好.

4 实 例

4.1 基本资料

选北京、天津、廊坊、邢台、豫北、鲁北六个地区的可持续发展程度作为评价方案, 用人均国民生产总值 GDP、人均生化耗氧量 BOD、人均粮食产量、人均社会产值、人均城市污水排放量、人均用水量、人均农业灌溉面积和农业供水保证率(以上均为 1990 年数据)等八项指标作为因素. 基本资料见表 1.

表 1 华北部分地区资料情况

Table 1 The data collected in some districts of North China								
地区	人均国民生产 总值/元	人均粮食产 量/kg	人均用水量 /m ³	人均农业灌溉 面积/hm ²	人均生化耗 氧量/g	农业供水保 证率/%	人均社会产 值/元	人均城市污水 排放量/m ³
北京	9 420	591.3	689.5	0.047 8	- 9.51	72	12 800	- 79.0
天津	6 000	746.4	740.7	0.052 1	- 6.56	86	9 780	- 59.5
廊坊	1 120	1 043.4	827.3	0.038 7	- 1.00	59	1 290	- 8.0
邢台	1 400	1 099.2	777.5	0.0723	- 2.06	77	1 600	- 14.5
豫北	4 540	1 054.5	134.5	0.177 7	- 14.43	16	5 760	- 53.3
鲁北	4 520	1 545.9	233.5	0.2 005	- 5.40	62	5 150	- 35.3

4.2 权重确定

权重确定的方法有多种, 本文采用的是层次分析法. 由于篇幅有限, 重点介绍基于次约束的模糊评价方法, 并给出一个计算程序. 确定的权重见表 2.

表 2 各个因素的权重

Table 2 The weight of factors

因素	人均国民 生产总值	人均粮 食产量	人均 用水量	人均农业 灌溉面积	人均生化 耗氧量	农业供水 保证率	人均社 会产值	人均城市污 水排放量
权重	0.20	0.10	0.10	0.12	0.10	0.10	0.20	0.08

经过计算 ,得到评价矩阵 R (表 3)以及各个城市对最优方案的隶属度(表 4).

表 3 评价矩阵 R

Table 3 Assessment matrix R

地区	北京	天津	廊坊	邢台	豫北	鲁北
指标 1	1.000	0.588	0.000	0.034	0.412	0.410
指标 2	0.000	0.162	0.474	0.532	0.485	1.000
指标 3	0.801	0.875	1.000	0.928	0.000	0.143
指标 4	0.055	0.800	0.000	0.201	0.833	1.000
指标 5	0.366	0.586	1.000	0.921	0.000	0.672
指标 6	0.800	1.000	0.614	0.871	0.000	0.657
指标 7	1.000	0.738	0.000	0.027	0.388	0.335
指标 8	0.000	0.275	1.000	0.908	0.362	0.615

表 4 各城市对最优方案的隶属度 LSDG

Table 4 The rank of the cities for the best project

地区	北京	天津	鲁北	豫北	邢台	廊坊
隶属度	0.7343	0.6287	0.5276	0.2876	0.2780	0.2473
排序	1	2	3	4	5	6

选择 4 组次约束 ,分别对其进行模糊评价 ,结果见表 5.

表 5 各城市对次约束方案的隶属度

Table 5 The rank of the cities for the Sub constnaint Projects

地 区	$S = \{5,8\}$		$S = \{1,7\}$		$S = \{1,3\}$		$S = \{2,4,6\}$	
	隶属度	排序	隶属度	排序	隶属度	排序	隶属度	排序
北京	0.3760	3	0.7681	1	0.7676	1	0.6440	3
天津	0.5554	1	0.6383	2	0.6345	2	0.6830	2
鲁北	0.5552	2	0.3975	3	0.3953	3	0.7052	1
豫北	0.1489	6	0.2728	4	0.2549	4	0.4444	4
邢台	0.3750	4	0.0030	5	0.2451	5	0.3986	5
廊坊	0.3482	5	0.0000	6	0.2340	6	0.2985	6

4.3 成果合理性分析

由以上分析可知 ,当取不同的次约束时 ,得到的结果也不同 ,详见图 1.

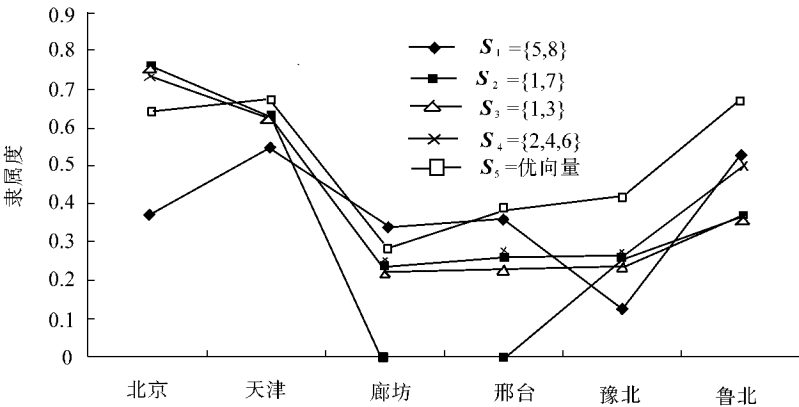


图 1 基于次约束的模糊评价

Fig.1 Fuzzy assessment based on subconstraint

取优向量 G 作为可持续发展综合评价时 ,得到评价排序结果 {北京、天津、鲁北、豫北、邢台、廊坊}.大致与实际情况相符合 ,也反映出各个城市的综合实力和整体发展水平.

加入 S_1 {人均生化耗氧量、人均城市污水排放量}环境方面次约束进行模糊评价时 ,得到评价排序结果 {天津、鲁北、北京、邢台、廊坊、豫北}.反映出大城市在环境方面保持着一定的领先优势.最大的为 0.5554 ,

最小的为 0.1489 ,这与所选的资料有关.但是生态环境质量在实现可持续发展中的地位是十分重要的 ,该次约束对排序较为敏感.

加入 S_2 {人均国民生产总值、人均社会产值 }经济方面次约束进行模糊评价时 ,得到评价排序结果{北京、天津、鲁北、豫北、邢台、廊坊 }.从评价结果来看 ,北京、天津等工业比较发达的大城市在经济方面保持着一定的优势 ,但各个地区相差很大 ,说明华北地区经济发展极不平衡.该次约束属敏感因素.

加入 S_3 {人均国民生产总值、人均用水量 }需水方面次约束进行模糊评价时 ,得到评价排序结果{北京、天津、鲁北、豫北、邢台、廊坊 }.由此说明 ,越是经济发达的地区 ,其水利工程投资越大 ,可持续发展度也越高.但总体水平不高 ,今后应大力发展水利事业 ,注意地区平衡.该次约束对排序亦较敏感.

加入 S_4 {人均粮食产量、人均农业灌溉面积、供水保证率 }农业方面次约束进行模糊评价时 ,得到评价排序结果{鲁北、天津、北京、豫北、邢台、廊坊 }.这与鲁北的农业主导地位有关 ,各地的差距并不太大 ,说明该次约束对排序不太敏感.

总体上看 ,北京、天津、鲁北的可持续发展程度较好 ,其他的相对较差.华北地区今后应加大水利工程投资的力度 ,增强环保意识 ,注意均衡发展.

5 结 论

由示例可以看出 ,可持续发展综合评判方法能较好地反映可持续发展的观点 ,通过选择不同的次约束 ,由所得的结果可以定出敏感因素 ,从而得出限制可持续发展的“ 瓶颈 ”,以便更好地制订发展计划.

参考文献 :

[1] 李厚俊.水资源可持续发展综合评价[D].南京 :河海大学 ,1999.
[2] 陈守煜 ,赵瑛琪.系统层次分析模糊优选模型[J].水利学报 ,1988 (10):1 ~ 10.
[3] 高宏 ,等.基于次约束的模糊综合评判方法[J].决策与决策支持系统 ,1997 ,7(3).
[4] 陈守煜.多阶段多目标决策系统模糊优选理论[J].水利学报 ,1990 (1):1 ~ 10.
[5] 饶正富 ,等.模糊多准则评价决策分析方法[J].系统工程学报 ,1991 (1).

A Study of Synthetic Evaluation Method for Sustainable Development

DUAN Li-ping ,HU Qi-yong ,TANG De-shan

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 ,China)

Abstract :The present study proposes a mathematic model for the fuzzy synthetic evaluation method that represents the sustainable development theory. This model is easy to calculate , and its result is capable of readjustment in case of unbalanced development in a project , thus resulting in a more scientific and objective rank order of projects. Finally , as an example , this mathematic model is adopted to carry out a synthetic evaluation of the sustainable development in North China.

Key words :sustainable development ; model ; subconstraint ; synthetic evaluation