

区域复合系统可持续发展指标体系及其评价方法

王好芳,董增川,左仲国

(河海大学水资源环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 依据可持续发展理论,把区域复合系统分为资源、环境、经济、社会 4 个子系统,并根据 4 个子系统的发展水平及相互之间协调运行对区域可持续发展的影响,构建出区域的 REES 系统运行模式,从而设计出区域可持续发展的指标体系结构框架.在此基础上提出了用主成分分析法确定区域各子系统的发展水平,用回归分析法确定各子系统协调发展水平的区域可持续发展评价方法.

关键词 区域复合系统 可持续发展 指标体系 评价方法
中图分类号 X22 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2003)02-0212-04

区域可持续发展是指区域的经济、社会、环境和资源相互协调,使经济效益、社会效益、资源效益和环境效益得到统一^[1].衡量评价一个区域是否达到可持续发展的要求及达到的程度,最有效的方法是建立区域可持续发展的指标体系^[2],它是一个区域制定发展战略的重要依据.本文就如何建立指标体系及确定评价方法进行了研究.

1 区域可持续发展指标体系的设计

区域系统是由资源、环境、经济、社会等诸多要素组成的,是不断发展着的多层次的时间系统和空间系统,区域的可持续发展应以经济的可持续发展为前提,以社会的可持续发展为目标,以环境和资源的可持续利用为基础^[3].因此,应从资源、环境、经济、社会这 4 个子系统之间的物质流量和相互影响入手建立区域可持续发展的指标体系.

1.1 子系统之间的运行模式

区域中资源、环境、经济和社会这一复杂的系统称为区域的 REES 系统,其基本的运行模式如图 1 所示.

REES 系统包括 4 个层次:
目标层:表示区域可持续发展水平;
表现层:表示系统中各子系统协调运行的结果,主要包括资源承载能力、经济发展水平、社会发展水平和生态环境质量 4 个方面;
协调运行层:由资源子系统、经济子系统、社会子系统和环境子系统 4 个子系统协调运行,是实现目标层的关键;
措施层:主要包括为实

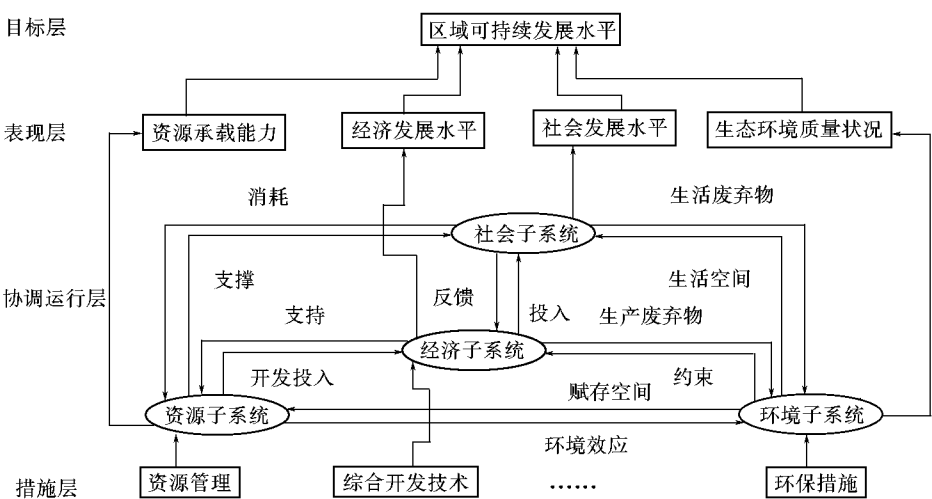


图 1 区域 REES 系统运行模式

Fig.1 Operating mode of REES system

现系统协调运行所采取的措施.

1.2 指标体系建立的原则

区域可持续发展,一方面要遵循可持续发展的一般要求,同时又必须充分考虑区域特点.为了客观、全面、科学地衡量区域可持续发展水平,在研究和确定评价指标体系及其评价方法时,应遵循如下原则:(a)系统性和层次性相结合.区域复合系统是由不同层次的诸多要素构成的,根据各层次、各要素之间的特点及关系,区域复合系统分为 4 个既相互联系又相互独立的子系统.(b)动态和静态相结合.区域系统是不随变化的时间系统和多层次的空间系统,是动态和静态的统一,所以建立指标体系时应动态和静态相结合,使指标体系既包括动态指标又包括静态指标.(c)定性和定量相结合.可持续发展的指标要尽可能量化,对于难以量化的指标,可用定性指标来描述.(d)科学性和可操作性相结合.指标体系的建立应以可持续发展理论为基础,同时考虑指标数据收集的方便性以及依据体系建成的管理信息系统的可实用性.

1.3 指标体系的结构框架设计

衡量和评价区域的可持续发展状况,不仅要考虑区域中各个子系统的现状,而且要考虑各子系统的协调性,因此在准则层中设立了系统发展水平和系统协调性 2 个准则.系统发展水平是指区域复合系统或子系统的发展程度,发展协调性是指区域复合系统或子系统之间的关系配合的和谐程度,是判断社会经济与资源环境是否协调发展的准则.根据上述原则、基本运行模式和 2 个准则,采用频度统计法对目前已发表的有关可持续发展指标体系的文章进行频度统计,选择那些频度较高的指标,同时对区域可持续发展的内涵、特征进行综合分析,选择那些能表征区域可持续发展的重要特征指标.在此基础上建立了如图 2 所示的指标体系结构框架.

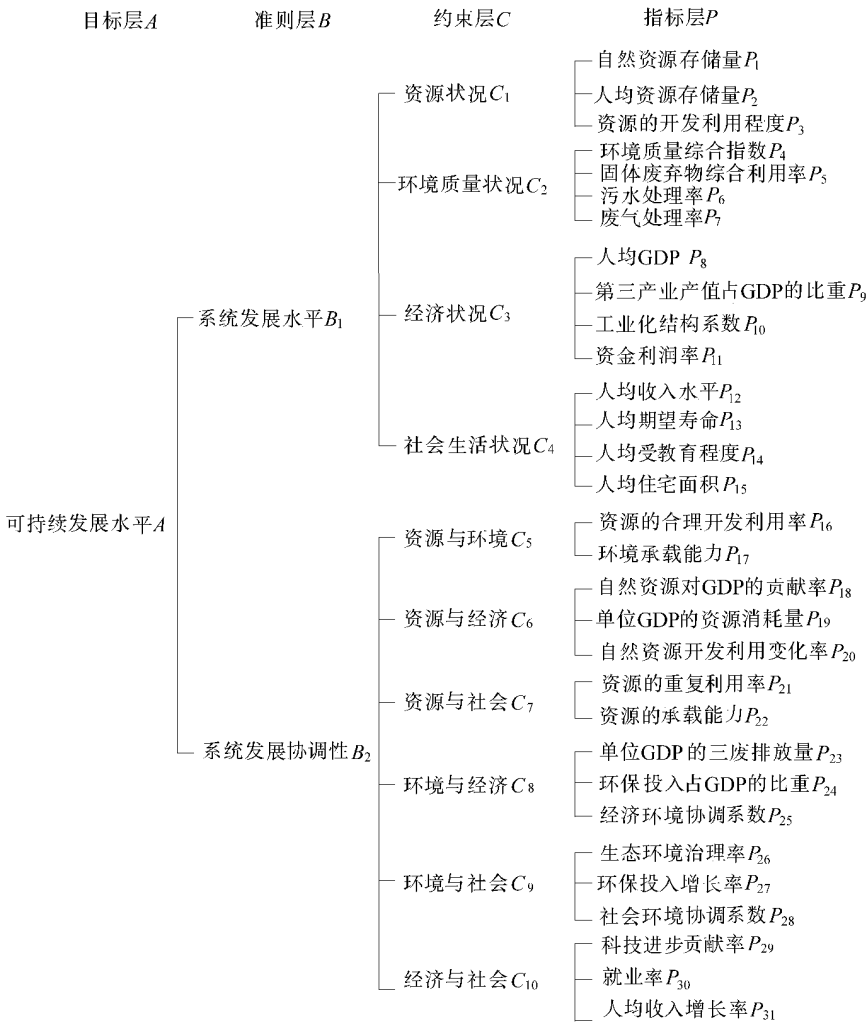


图 2 区域可持续发展指标体系结构框架

Fig.2 Structure of regional sustainable development index system

2 区域可持续发展评价方法

2.1 指标体系中权重的确定

利用层次分析法(AHP)进行区域可持续发展评价的方法越来越受到人们的重视,但该方法在采用专家咨询法时,容易产生循环而不满足传递性公理,导致标度把握不准并丢失部分信息.为此,本文采用熵技术支持下的层次分析法对区域可持续发展指标权重进行确定.具体方法如下:

- a. 对已构造的判断矩阵 $R = (r_{ij})$,按公式 $\bar{r}_{ij} = r_{ij} / \sum_{k=1}^n r_{kj}$ 做归一化处理,得到标准矩阵 $\bar{R} = (\bar{r}_{ij})$,则指标 f_j 输出的熵为 $E_j = -(\ln n)^{-1} \sum_{i=1}^n \bar{r}_{ij} \ln \bar{r}_{ij}$,可推知 $0 \leq E_j \leq 1$.
- b. 求指标 f_j 的偏差度 $d_j, d_j = 1 - E_j$.
- c. 确定指标 f_j 的信息权重 $u_j, u_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j$.
- d. 利用信息权重 u_j 修正由 AHP 得出的可持续发展权重系数 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$,得到修正后的指标权重系数 $\lambda_j, \lambda_j = u_j w_j / \sum_{j=1}^n u_j w_j$ 从而得到各指标较合理的权重系数向量 $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$.

2.2 系统发展水平的评价^[4]

根据上述方法确定的各指标权重,运用主成分分析法确定区域可持续发展系统及其各子系统的发展水平.设区域发展水平系统的指标为 $x_1, x_2, \dots, x_p$,经主成分分析后得到的新变量为 $z_1, z_2, \dots, z_m$,均是 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 的线性组合($m < p$).具体步骤如下:

- a. 数据的标准化处理
- $$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p)$$
- 式中: x_{ij} ——第 i 个子系统第 j 个指标的值; $\bar{x}_j$ ——第 j 个指标的样本均值; s_j ——第 j 个指标的样本标准差.
- b. 计算数据表 $(y_{ij})_{n \times p}$ 的协方差矩阵 R .
 - c. 求 R 的特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ 以及对应的特征向量 $u = (u_1, u_2, \dots, u_p)$.
 - d. 求主成分
- $$z_k = \sum_{j=1}^p u_j x_j \quad (j = 1, 2, \dots, p; k = 1, 2, \dots, p)$$
- e. 精度分析.求前 m 个主成分的累计贡献率 Q ,累计贡献率越大,则表明前 m 主成分概括系统中 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 指标的能力越强.在实际应用中,当累计贡献率达到 90% 左右时,即

$$Q = \frac{\sum_{k=1}^m \text{var}(z_k)}{\sum_{j=1}^p s_j^2} = \frac{\sum_{k=1}^m \lambda_k}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} > 90\%$$

时,则可得

$$z_k = \sum_{j=1}^p u_j x_j \quad (j = 1, 2, \dots, p; k = 1, 2, \dots, m)$$

- f. 各子系统的发展水平,用主成分 z_k 与其权重之积确定,即 $z^* = \sum_{k=1}^m e_k z_k$.

2.3 系统发展协调性评价

根据上述所得到的可持续发展水平,利用回归分析法确定各子系统可持续发展水平^[5].其原理为:假定变量 P, R, C, E, S 之间的关系可表示为回归方程 $S = b_0 + b_1 P + b_2 R + b_3 C + b_4 E$,即表明要做到 P, R, C, E, S 之间的协调,就要在 P, R, C 不变的情况下, E 每变化一个单位要求 S 同方向变化 b_4 个单位.这样根据计算出的系统比例关系,将区域各子系统的协调值与实际发展水平值进行比较,再利用模糊数学中的相对 Hamming 距离来计算各子系统的发展协调系数,进而评价各子系统间的协调程度.相对 Hamming 距离的计算

原理是

$$\omega(a,b) = 1 - e[\delta(a,b)]^c \qquad \delta(a,b) = \frac{1}{n}d(a,b) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |u_a(x_i) - u_b(x_i)|$$

式中： c, e ——适当选取的参数； a, b ——论域 u 上的 2 个模糊子集； $\omega(a, b)$ ——论域 u 上的两个模糊子集 a 和 b 的协调系数； n ——论域中元素的个数.

3 结 语

本文从可持续发展观点出发,对可持续发展评价体系进行了研究,在调查研究及全面分析的基础上从区域资源、经济、社会和环境 4 个子系统方面构建了区域可持续发展评价指标体系,同时根据构建的指标体系提出了区域可持续发展的评价方法.

参考文献：

[1] 王华东,鲍全盛,曹利星.资源、环境与区域可持续发展研究[J].中国人口资源与环境,1995,5(2):18—21.
[2] 温淑瑶,马占青,周之豪,等.层次分析法在区域湖泊水资源可持续发展评价中的应用[J].长江流域资源与环境,2000,9(2):196—201.
[3] 国冬梅.中国可持续发展指标体系研究进展[J].上海环境科学,1999,18(1):3—9.
[4] 仁若恩,王惠文.多元统计数据分析——理论、方法、实例[M].北京:国防工业出版社,1997.92—109.
[5] 于瑞峰,齐二石,毕星,等.区域可持续发展状况的评估方法研究及应用[J].系统工程理论与实践,1998,(5):1—6.

Index system and evaluating method for sustainable development of regional complex system

WANG Hao-fang, DONG Zeng-chuan, ZUO Zhong-guo

(College of Water Resources and Environment, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract :On the basis of the theory of sustainable development, the regional complex system was divided into four subsystems :resource subsystem, environment subsystem, economy subsystem, and society subsystem. A structural frame of an index system was designed for evaluation of the regional sustainable development by consideration of the effects of the development level of the four subsystems and their coordinated operation on the sustainable development, and an operating mode for the regional REES system was established. Furthermore, the principal component analysis method was put forward to determine the development level of each subsystem, the regression analysis method was used to determine the level of their coordinated development, and a method was provided for the evaluation of regional sustainable development.

Key words :regional complex system ; sustainable development ; index system ; evaluation method