

文章编号: 1674-8085(2016)03-0014-06

可持续发展综合评价建模研究

褚正清¹, *朱家明², 刘家保¹

(1.安徽新华学院公共课教学部, 安徽, 合肥 230088; 2.安徽财经大学统计与应用数学学院, 安徽, 蚌埠 233030)

摘要: 基于 PREEST 系统模型, 提出了一系列全面的可持续发展评价体系。同时, 采用主成分分析法和层次分析法对苏丹的综合可持续发展指标进行实证分析。然后, 根据 DEA 模型分析苏丹在未来 20 年的可持续发展计划。构建了人口、资源、环境、经济、科学等五个子系统, 从五个子系统中选取 39 个指标。通过主成分分析法得到五个子系统的发展指数, 并利用层次分析法计算五个子系统的权重。结合发展指数与权重的五个子系统, 得到了苏丹的综合指数。再对苏丹每年可持续发展的效率进行评价, 并提出了 20 年的可持续发展规划。

关键词: 可持续发展; PREEST 系统; DEA; 综合分析; 主成分分析

中图分类号: F120.4

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2016.03.004

RESEARCH ON COMPREHENSIVE EVALUATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

CHU Zheng-qing¹, *ZHU Jia-ming², LIU Jia-bao¹

(1. Department of Mathematics and Physics, Anhui Xinhua University, Hefei, Anhui 230088, China; 2. School of statistics and applied mathematics, Anhui Finance and Economics University, Bengbu, Anhui 233030, China)

Abstract: Based on PREEST system model, we propose a series of comprehensive sustainable development evaluation system. Meanwhile, we make the empirical analysis towards comprehensive sustainable development indicators of Sudan with the principal component analysis and AHP. Furthermore, we make a sustainable development plan for Sudan about the next 20 years according to DEA analysis model. We Construct five subsystems, such as population, resources, environment, economy, science, and so on, from the five sub system to select 39 indicators. We get the development index of five sub systems through principal component analysis. We also use the analytic hierarchy process to calculate the weight of the five subsystems. Combined with the development index and the weight of the five sub systems, we get the comprehensive index of Sultan. This paper evaluates efficiency of the sustainable development of each year in Sudan, and provides it a sustainable development plan for 20 years.

Key words: sustainable development; PREEST system; DEA; comprehensive analysis; principal component analysis

可持续发展在 1987 年的布伦特兰报告定义为: 发展既满足当代人的需求又不损害后代人满足其自身需求的能力。从提出开始, 可持续发展就成为

国际援助组织、规划人员、政府和非盈利组织的目标^[1]。

国际货币基金组织 (ICM) 雇佣你去帮助他们利用

收稿日期: 2015-09-07; 修改日期: 2015-11-12

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目(201312216030, 201312216031, 201312216032); 安徽省质量工程项目(2014msgzs168); 安徽新华学院特色课程项目(2012tskcx04, 2012tskcx05); 大学生素质教育研究中心建设项目(IFQE201419)

作者简介: 褚正清(1984-), 男, 安徽合肥人, 讲师, 硕士, 主要从事数学应用研究(E-mail: chuzhengqing@126.com);

*朱家明(1973-), 男, 安徽泗县人, 副教授, 硕士, 主要从事应用数学与数学建模研究(E-mail: zhujm1973@163.com);

刘家保(1982-), 男, 安徽六安人, 副教授, 硕士, 主要从事应用数学与数学建模研究(E-mail: liujiabao@163.com).

其丰富的金融资源和影响力, 创造一个更加可持续发展的世界。特别是发展中国家, 他们相信他们可以看到自己投资的最大结果。

问题1: 建立一个可持续发展国家模型。该模型需要提供一套能够衡量可持续发展程度的方法。同时也能够帮助ICM找出需要支持和干预的国家。例如以下因子: 健康水平, 粮食安全, 获取洁净水, 当地的环境质量, 能源, 生计, 社区脆弱性和公平可持续发展。模型应明确规定一个国家何时及如何算可持续发展或不可持续。

问题2: 在联合国48个最不发达国家(LDC)列表表中选择一个国家^[2]。根据在问题1中建立的模型和研究, 为你选择的最不发达的国家设计一份20年可持续发展计划, 使其朝着可持续发展的未来前进。该计划应该包括方案、政策和基于该国人口, 资源, 经济, 社会和政治条件下ICM所需要提供的援助。

1 术语和符号

1.1 术语

可持续发展: 是指既满足现代人的需求又不损害对后代人满足其需求的能力。

PREEST系统^[3]: 在该地区的可持续发展, 相互作用、相互制约的科学技术, 在环境、经济、人口、资源子系统组成或开放的复杂的庞大系统, 这就是所谓的PREEST系统。

可再生能源^[4]: 是指能源来自它的自然补充, 在人类的时间尺度如阳光、风、雨、潮波和地热资源。

DEA^[5]: 数据包络分析, 是研究经济生产前沿方法。该方法通常用于衡量决策部门的生产效率。

1.2 符号

m 为输入指数, t 输出指数, x_{ij} 第 j 决策单元输入到 i 型, y_{ij} 第 j 决策单元的 r 型输出, v_i 第 i 型的权重, u_r 第 r 型的权重, S_r^+ 、 S_i^- 松弛变量, ε 无穷小, ω_i 权重, λ 特征值, r_{ij} 是 x_i 和 x_j 的变量相关性, F 可持续发展指数。

2 问题和解决方案

2.1 问题1

2.1.1 问题1的分析

针对这一问题, 考虑建立PREEST系统。首先, 根据自己的定义, 将各种指标分为三个层次, 分别根据自己的定义, 如科学技术、环境、经济、人口、资源子系统等五个子系统下的归属指标。然后, 使用主成分分析, 获得指标的最大贡献率, 以及对应的特征向量。接下来, 用层次分析法计算出五个子系统的权重。最后, 得到全面的可持续发展指标公式。在标准化后, 生成一些国家的指标数据。如果它的综合可持续发展指标的价值高于零, 可认为它是一个具有可持续发展能力的国家^[6-7]。否则, 与其他国家相比, 可持续发展能力较差。

2.1.2 问题1的主成分分析

(1) 相关系数矩阵计算

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pp} \end{bmatrix}$$

矩阵 R 中, $r_{ij}(i, j=1, 2, \dots, p)$ 是相对的系数。 r_{ij} 的计算公式为:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^n (x_{kj} - \bar{x}_j)^2}}$$

R 是一个对称矩阵, 因此只需要计算三角形的顶部或三角形的元素。

(2) 特征值与特征向量计算

特征值 $\lambda_i (i = 1, 2, \dots, p)$ 可以通过公式 $|\lambda I - R| = 0$ 所得, 不妨做出如下的假设 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ 。接下来, 计算出每个特征值对应的特征向量 $e_i (i = 1, 2, \dots, p)$ 。

(3) 主成分贡献率计算

主成分贡献率设为 z_i , $z_i = r_i / \sum_{k=1}^p \gamma_k (i=1, 2, \dots, p)$ 。当选择的特征值为 50% 以上时, 其对应的特征向量记为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ 。

(4) 子系统主成分公式

$$F_n = \sum_{i=1}^p e_i x_i (n = 1, 2, \dots, 5), x_i \text{ 是指数值。}$$

2.1.3 问题 1 的解决方案

利用 2014 年全球各个国家的指标数据^[8]通过 MATLAB 编程计算, 获得了各子系统的特征向量。科技子系统的各项指标 a_1, a_2, \dots, a_7 , 其特征向量分别为 0.3773, 0.2857, 0.3993, 0.4099, 0.4088, 0.3995, 0.3491。环境子系统的各项指标 b_1, b_2, \dots, b_5 , 其特征向量分别为 -0.5838, -0.6648, 0.1006, 0.0549, -0.4517。经济子系统的各项指标 c_1, c_2, \dots, c_{10} , 其

特征向量分别为 -0.4808, -0.4216, -0.205, 0.0164, -0.2508, 0.0835, 0.2962, -0.4312, -0.0343, -0.4517。人口子系统的各项指标 d_1, d_2, \dots, d_8 , 其特征向量分别为 -0.2870, -0.0238, 0.4750, 0.4205, 0.4039, 0.0601, 0.4653, 0.3624。资源子系统的各项指标 e_1, e_2, \dots, e_9 , 其特征向量分别为 -0.6165, -0.2772, -0.5863, -0.17, 0.1556, 0.0383, -0.3323, 0.1789, 0.0487。因此, 可以找到五个子系统中的主成分公式:

$$\begin{cases} F_1 = 0.3773a_1 + 0.2857a_2 + 0.3993a_3 + 0.4099a_4 + 0.4088a_5 + 0.3995a_6 + 0.3419a_7 \\ F_2 = -0.5838b_1 - 0.6648b_2 + 0.1006b_3 + 0.0549b_4 - 0.4517b_5 \\ F_3 = -0.4808c_1 - 0.4216c_2 - 0.205c_3 + 0.0164c_4 - 0.2508c_5 + 0.0835c_6 + 0.2962c_7 - \\ \quad 0.4312c_8 - 0.0343c_9 - 0.4517c_{10} \\ F_4 = -0.2870d_1 - 0.0238d_2 + 0.4750d_3 + 0.4205d_4 + 0.4039d_5 + 0.0601d_6 + 0.4653d_7 + 0.3624d_8 \\ F_5 = -0.6165e_1 - 0.2772e_2 - 0.5863e_3 - 0.17e_4 + 0.1556e_5 + 0.0383e_6 - 0.3323e_7 + \\ \quad 0.1789e_8 + 0.0487e_9 \end{cases}$$

3.1.4 问题 1 的主层次分析法

(1) 根据层次结构模型, 构建判断矩阵 D , 采用层次分析法得到判断矩阵为

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nn} \end{bmatrix}$$

(2) 运用公式 $CR = CI / RI$ 对判断矩阵 D 进行一致性检验, 其中 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, 当 $CI < 0.1$ 时, 认为判断矩阵 D 的一致性是可以接受的。否则, 需要对判断矩阵 D 进行调整, 直到其一致性检验结果为 $CI < 0.1$ 。

(3) 最大特征根的解决方案为

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(DW)_i}{nW_i}$$

构建了五个子系统的重要性判断矩阵^[9](表 1)。对于表中的人口、资源、经济、环境和科技的最大特征值 λ_{\max} 分别是 0.1361, 0.1701, 0.1945, 0.2723, 0.2269。

表 1 重要性判断矩阵

Table 1 The judgment matrix of importance

	人口	资源	经济	环境	科技
人口	1.000	0.800	0.700	0.500	0.600
资源	1.250	1.000	0.875	0.625	0.750
经济	1.249	1.143	1.000	0.714	0.857
环境	2.000	1.600	1.400	1.000	1.200
科技	1.667	1.333	1.167	0.833	1.000

因此, $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = 0.004 < 0.1$, $RI = 0.58$, $CR = CI / RI = 0.0464$, 判断矩阵 D 的一致性是可以接受的。则人口、资源、经济、环境和科技的权重分别是 0.1361, 0.1701, 0.1945, 0.2723, 0.2269。根据以上结果, 可以得出综合可持续发展指标的最终公式:

$$F = 0.1361F_1 + 0.1701F_2 + 0.1945F_3 + 0.2723F_4 + 0.2269F_5$$

在标准化后, 生成一些国家的指标数据(表 2)。

表 2 判断标准

Table 2 Judgment standard

范围	$F < 0$	$0 < F < 0.3$	$0.3 < F < 0.6$	$0.6 < F < 0.8$	$0.8 < F < 1$
结果	最低	较低	适中	较高	最高

此外, 在全面可持续发展中, 环境是最大的影响因素, 政府应更加重视环境子系统。经济和人口的因素, 是 PREEST 系统中指标的负面影响, 也是我国经济和社会发展问题的焦点, 因此有关部门也需要介入。

2.2 问题 2

2.2.1 问题 2 的分析

从 48 个最不发达国家的名单中选择了苏丹。在世界银行^[9]中找到每个子系统的价值, 然后利用问题 1 中生成模型, 计算出其可持续发展能力。建立 DEA 评价模型的输入和输出效率^[10]。结合不同年份的重要因素变化趋势, 给出一个可行的、独特的 20 年计划。

2.2.2 问题 2 的解决方案

(1) 苏丹的可持续发展能力

设 $u_t(t=1,2,\dots,n)$ 作为可持续系统的评价指标, $X_t(t=1,2,\dots,n)$ 作为评价指标, X_{\max} 和 X_{\min} 在稳定系统中作为上限和下限值。可持续发展指标的无量纲值 $U(u_t)$:

$$U(u_t)=(X_t-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min}) \quad U(u_t) \text{有积极效益;}$$

$$U(u_t)=(X_{\min}-X_t)/(X_{\min}-X_{\max}) \quad U(u_t) \text{有积极效益;}$$

有一个无量纲的处理与相关指标的收集值, 把这些数据输入到问题中所列的公式, 得到结果:

$$F = -0.23185 < 0$$

认为苏丹不是一个可持续的国家。同时, 苏丹的环境系统发展指标是 -0.4939 。这意味着苏丹的环境状况很糟糕。更糟的是, 环境子系统对综合可持续发展指标的影响最大。因此, 苏丹要想提高可持续发展能力, 就必须重视环境子系统的环境改善, 提高其“环境效益”^[11]。

(2) $C^2R - DEA$ 模型

选择最有代表性的指标, 从五个子系统作为输入, 输出变量。将能源使用和总资本形成作为输入变量, 国内生产总值, 人均卫生支出和劳动力作为输出变量^[12-13]。

表 3 输入和输出变量

Table 3 Input and the output variables

时间指标(年)	能源的使用(千吨当量)	总资本形成(占国内生产总值的百分比)	劳动力总量	GDP	人均卫生支出(美元)
2009	15917.351	28.92233208	9782816	29194549162	54.48896386
2010	15293.511	27.59189826	10086819	32556515709	84.51556436
2011	15538.693	24.57526779	10398866	33534615460	117.7065986
2012	16297.349	24.49210079	10714833	34618501355	111.8341415
2013	16605.113	23.03813375	11032211	35822262365	118.6213845
2014	16621.959	21.56014576	11327811	34642158898	118.5803942

在本文中, 应用 DEA 模型分析问题, DEA 模型如下:

$$\min \theta - \varepsilon (\sum_{r=1}^l S_r^+ + \sum_{i=1}^m S_i^-),$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- - \theta x_{i0} = 0, \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = y_{r0},$$

其中 $\lambda_j \geq 0, j=1,2,\dots,n, S_i^- \geq 0, S_r^+ \geq 0, n$ 称为决策单元, 评价指标体系由投入指标和产出指标组成。计算出 $\varepsilon = 10^{-6}, \lambda_j, S_r^+, S_i^-, \theta$ 是估计参数。

(3) DEA 模型的含义

当 $\theta = 1$, 且 $S_i^- = S_r^+ = 0$ 时, 认为决策模型 DEA 有效。否则, 决策模型 DEA 技术效率和规模无效。当 $\theta < 1$, 或者 $S_i^- \neq 0, S_r^+ \neq 0$ 时, 结论是 DMU、DEA 技术效率和规模有效。如果

$S_i^- = S_r^+ = 0$, 结论是决策模型 DEA 为有效技术效率。假设 $K = 1/\theta * \sum_{j=1}^n \lambda_j$, 当 $K = 1$, 决策模型 DEA 有效; 当 $K < 1$, 利润规模正在增加。

如果没有有效的决策, 可以提高决策模型 DEA, 效率不高的相对有效面。如果是这样的话, 可以在减少输出的前提下, 不减少原始输入。或者可以增加输出, 而不增加原始输入, 如:

$$\begin{cases} x_0 = (1 - \theta^*)x_0 + S^{*-} \geq 0 \\ y_0 = S^{*+} \geq 0 \end{cases}$$

2.2.3 模型计算

针对苏丹从 2009 年到 2014 年的输入输出数据的 DEA 模型, 利用 Lingo 软件计算出评价结果(表 4)。

表 4 评价结果

Table 4 The results of evaluation

DUM(年)	$\sum \lambda_i$	$K = \sum \lambda_i / \theta$	θ	相对有效性	规模效益	技术有效性
2009	0.815	0.83	0.978175	DEA 无效	规模增加	技术无效
2010	0.9088	0.91	0.994016	DEA 无效	规模增加	技术无效
2011	1	1	1	DEA 有效	规模有效	技术有效
2012	0.9664	0.97	0.995021	DEA 无效	规模增加	技术无效
2013	1	1	1	DEA 有效	规模有效	技术有效
2014	1	1	1	DEA 有效	规模有效	技术有效

从 2009 年到 2014 年分析苏丹的投入和产出情况。在规模效益和技术效率上评价结果显示都是无效的 DEA。结合在问题 1 中的计算结果,可知,虽然苏丹可持续发展能力弱,但是 DEA 的一部分是有效的。这表明他们已经注意到增长到一个更好的点。此外,各种资源的组合不是高质量的,对各种资源的投入和产出有着很小的影响。各种资源的组合还取决于大量的人力和物力资源的投入。

(1) 国内生产总值状况

苏丹是一个发展中国家,其国内生产总值在 1962 年至 2014 年的发展不仅是稳定的,而且是渐进的。其经济地位也逐渐提高,但与其他发达国家相比仍有较大差距。

(2) 苏丹的经济结构单一,其农业和畜牧业是主要产业

在 1960 年至 2014 年期间,该国的农业增加值占国内生产总值的比例是完全下降,而下降大于服务业增加值占国内生产总值的比重,所以在此期间,苏丹的经济一般倾向于下降。苏丹是一个贫穷的国家。更糟的是,从正式的结果可以知道它没有可持续发展的能力。所以苏丹首先要发展经济,而经济的发展需要充分利用农牧业的优势,以农业和畜牧业的发展作为一项长期的战略,以协助产业的多样化发展,进而改变严重依赖石油出口的情况。

(3) 苏丹是拥有最丰富的旅游投资价值的国家之一,持续、稳定发展旅游业是提高其经济的途径

旅游业的发展日益完善,2014 年的旅游收入达 9 亿美元,几乎是 2009 年的三倍。苏丹充分利用旅游资源促进经济增长。从另一个角度看,它反映了国家交通网络系统的运行平稳,人们的生活水平逐步提高。但为了保证国家的可持续发展,苏丹应关注旅游业的发展,不可把收入的提高作为其唯一的目标,而是随着旅游业的发展,对旅游景点的维护是必要的。只有这样才能保持苏丹旅游业的可持续发展。

(4) 经济是可持续发展的前提,环境是可持续发展的基础,经济发展不能以破坏生态环境为代价

在 1990 年至 2010 年,苏丹的森林面积一直持续减少,在这 20 年里,森林面积减少了近 10

万平方公里。虽然每一年都有一点点变化,从长远来看,累积的减少量是相当大的,不能忽视。因此,苏丹应该利用它在地理上的优势,种植更多的绿色植物,增加森林覆盖率。

苏丹的经济更依赖于能源的出口,尤其是石油。人们所使用的能量几乎呈线性增长。众所周知,大规模的能源使用对任何国家的可持续发展都是不利的,更不要说苏丹了。因此,苏丹应寻求其它发展经济的方法,加强对新能源的研究和开发,以鼓励新能源的使用。

(5) 完善基础设施建设是经济可持续发展和经济发展方式转变的前提条件

苏丹航空运输和客运量呈现出上升的趋势。电话线在 1975 年至 1999 年是始终处于低水平发展水平。在短时间内,快速上升和下降可能会受到一定的限制因素。为了保持铺设电话线有计划地进行,加强基础设施建设如能源通道和通信,政府不仅要确保基础设施建设稳步提高,也应注意畅通交通网络。

(6) 要依靠科技进步和管理创新,提高技术水平和创新能力,有效利用资源,促进经济发展

可再生能源发电在 1971 年至 2008 年开发得非常缓慢。发电仍依赖于传统的煤炭和其他不可再生能源,造成能源浪费和环境污染极为严重。苏丹政府应引入更多的可再生能源项目,以减少未来工业化过程中产生大量的环境和生态污染,以达到经济和自然之间的协调。

(7) 完善社会保障体系,提高医疗卫生水平;调整收入分配,促进城乡协调发展,提高社会公平程度

在苏丹,城乡卫生条件差较为明显,农民对卫生条件的利用比例不到农村人口的 20%,而这一比例一直呈下降趋势。虽然城市居民对医疗设施的利用比例比农民好,但仅 40%至 50%。作为一个主要依靠农业和畜牧业发展的国家,苏丹应注意维护农民的切身利益和改善农村卫生设施。

苏丹本身拥有丰富的旅游资源,政府应充分利用资源,有规划地发展旅游和其他服务行业,并提高妇女的就业率和劳动力的参与率,这将起到促进国家经济发展的作用。通过对趋势各种指标的分析,在加快经济的发展,逆转环境资源的消费趋势,并随着可持续发展政策实施和 ICM 的帮助,我们

可预测 20 年后经济社会发展的各指标的预测值。

把它分成三个发展阶段做预测, 结果见表 5。

表 5 预测结果

Table 5 Prediction results

项目	内容	第一阶段	第二阶段	第三阶段
计划 1	人均国内生产总值(固定 2005 美元)	1000	1500	2000
	农业增值(% of GDP)	30	40	30
计划 2	工业增值(% of GDP)	20	30	30
	服务等增值(% of GDP)	50	30	40
计划 3	国际旅游收入(美元)	1E+09	1.5E+09	2E+09
计划 4	能源的使用(万吨油当量)	16000	15000	14000
	森林面积(平方公里)	600000	700000	800000
计划 5	电话线	500000	600000	700000
计划 6	电力生产的可再生能源, 不包括水电(千瓦时)	70	80	90
	改善水源地, 农村人口(%)	60	70	80
计划 7	完善的卫生设施, 农村(%)	20	30	40
	在 15-24 岁的劳动力参与率(%), 女(模拟国际劳工组织估计)	40	50	60

计划 1 是经济的发展, 应该提高人均国内生产总值; 计划 2 是关于经济规模和结构的变化; 计划 3 是关于旅游业的发展, 它可以增加国民收入; 计划 4 是对能源的利用和资源的分析, 经济发展使能源利用迅速和自然资源消耗加快; 计划 5 是对基础设施的分析; 计划 6 是关于科学技术的发展; 计划 7 是关于社会公正的分析, 需要加快平衡城乡发展, 促进女性劳动力的发展。

3 结语

苏丹的发展模式是不可持续的。政府应努力改变经济发展的低效率, 减少经济发展的能耗, 使经济结构多元化。人口与资源在 PREEST 系统中起到最重要的作用。为促进苏丹的可持续发展能力, 应注重对上述 2 个方面指标的改善, 由此提出了 7 个 20 年可持续发展的计划, 作为评价指标和可持续发展指标。当每个项目的发展指标变化时, 比较可持续发展指标的影响, 并进行敏感性分析。例如, 计划 1, 人均 GDP, 20 年后可持续发展, 可分别达到 1000, 1500, 2000 美元。如果该计划仅针对人均国内生产总值等指标不改变, 就可以用问题 1 建立的模型来解决可持续发展指标, 其结果分别是 0.97312、3.2301 和 0.15371。它表明, 增加人均国内生产总值可以促进社会可持续化建设。

参考文献:

[1] 魏一鸣, 蔡宪唐. 人口, 资源, 环境与经济协调发展的多目标集成模型[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(8):

1-5.

- [2] UNCTAD. UN list of least developed countries[EB/OL]. <http://unctad.org/en/pages/aldc/Least%20Developed%20Countries/UN-list-of-Least-Developed-Countries.aspx>.
- [3] 张长杰, 傅小峰. 基于信息共享的可持续发展评价与优化研究[J]. 系统工程, 2003, 21(1): 43-48.
- [4] 赵玉川, 胡富梅. 中国可持续发展指标体系建立的原则及结构[J]. 中国人口资源与环境, 1997, 7(4): 54-59.
- [5] Chen C J. Research on the evaluation of sustainable development based on information share[C]. Proceedings of the Fourth Asia-Pacific Conference on Industrial Engineering and Management System. Dec, 2002: 1048-1051.
- [6] 黄思铭. 可持续发展的评判[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [7] 中国科学院可持续发展研究组. 2000 中国可持续发展战略报告[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [8] The United Nations. Sustainable development knowledge platform[EB/OL]. <http://sustainabledevelopment.un.org>.
- [9] The world bank. Working for a world free of poverty [EB/OL]. <http://data.worldbank.org>.
- [10] World Commission on Environment and Development (WCED). Our Common Future[M]. New York: Oxford University Press, 1987.
- [11] Daly H E. Toward some operational principles of sustainable development[J]. Ecological economics, 1990, 2(1): 1-6.
- [12] Robert K W, Parris T M, Leiserowitz A A. What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice[J]. Environment: science and policy for sustainable development, 2005, 47(3): 8-21.
- [13] Bell S, Morse S. Sustainability indicators: measuring the immeasurable?[M]. London: Earthscan, 2008.