

# 重庆城市可持续发展能力的综合评价

何 潇<sup>1</sup> 李 清<sup>1</sup> 童 殷<sup>2</sup> 王建力<sup>1</sup>

(1. 西南师范大学资源与环境科学学院, 重庆 400715;

2. 西南师范大学数学系, 重庆 400715)

**【摘 要】**:城市是否可持续发展已成为人们关注的焦点,但如何测度和评价城市发展的可持续性尚无统一认识。从系统功能角度设计了城市可持续发展的指标体系,运用改进的熵值法对重庆市可持续发展能力进行了定量分析,结合递阶多层次综合评价模型得到相应的变化曲线,并评价了重庆市 1994~2003 年这 10 年间的可持续发展能力。

**【关键词】**:城市可持续发展;指标体系;综合评价;重庆

**【中图分类号】**:F299.277.19;F061.3 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1005-8141(2005)04-0292-04

自 1987 年世界环境与发展委员会提出可持续发展概念<sup>[1]</sup>来,可持续发展的度量研究就一直成为可持续发展研究的前沿和热点。如何有效地定量评估可持续发展的程度,其中一个重要内容就是定量方法的选取。据统计<sup>[2]</sup>,目前可采用的定量方法有 10 大类约 1000 个评价模型,如层次分析法、熵值法、灰色关联度分析法等,虽然这些方法在对城市可持续发展评价中起着重要的作用,但它们或多或少都存在一些缺陷和不足<sup>[3]</sup>。现有研究成果证明,改进后的熵值法更为适合城市可持续发展的能力评估<sup>[4~6]</sup>。

重庆市位于四川盆地东部丘陵山地区,幅员总面积 8.23 万 km<sup>2</sup>,是长江上游最大的城市和经济中心。重庆现共辖 40 个区、县(市),2003 年全市共有人口 3130.1 万人,平均人口密度为 380 人/km<sup>2</sup>,其中城镇人口 1186.97 万人,占总人口的 37.9%。全市国民经济持续快速发展,国内生产总值(GDP)达 2250.56 亿元,比上年增长 11.5%,人均 GDP 为 7190 元。面对设立直辖市、三峡库区开发建设、实施西部大开发战略的历史机遇和本身面临的生态环境恶化、经济发展落后等挑战,要真正实现重庆的可持续发展,就有必要在了解生态、经济、社会等情况的基础上,采用定性定量有机结合的方法综合评估该市的可持续发展能力。

## 1 城市可持续发展指标体系的设计

我们从城市发展的系统功能角度来设计可持续发展指标,即选择城市发展水平、城市发展效率、城市发展潜力、城市发展协调度、城市发展开放度、城市发展调控度、城市发展均衡度作为系统评价的功能团指标<sup>[7]</sup>。功能团指标选定后,即可用基本指标和综合指标来描述功能团指标,从而建立起可持续发展评价的一般指标体系。现将各功能团指标体系表述如下:①城市发展水平(R1)。反映城市社会、经济、环境的发展水平,如人均 GDP、城市和农村居民人均生活费收入、恩格尔系数,等。②城市发展效率(R2)。反映城市经济与资源环境的关联效率,如 GDP 增长速度、万元 GDP 能耗、万元工业产值三废排放量,等。③城市发展潜力(R3)。反映城市的资源、环境、经济、科技等未来发展能力的优劣状况,如人均耕地面积、道路密度、人均水资源拥有量,等。④城市发展协调度(R4)。它是表征城市人口数量、经济发展和环境保护三者之间关系的一个指标,当环境质量不变时,经济水平

<sup>1</sup>收稿日期:2005-06-07;修改日期:2005-07-24

**基金项目**:重庆市科委重大科技项目(2003-7835)。

**作者简介**:何潇(1981-),男,重庆市人,自然地理硕士研究生。

越高,协调度就越高;当经济水平不变时,环境质量越好,协调度就越高,反之亦然。它与城市经济水平、环境质量、人口数量密切相关。基于以上考虑,采用如下公式计算发展协调度<sup>[8]</sup>: $C=(G/N)/e^{I-1}$ 。式中, $C$  为发展协调度, $I$  为城市环境质量指数, $G$  为城市 GDP, $N$  为城市总人口, $e$  为自然对数底数。⑤城市发展开放度( $R_5$ )。反映系统对外的交流(物流、能流、信息流)程度,如人均货运量、人均客运量、人均邮电业务量,等。⑥城市发展调控度( $R_6$ )。反映政府对经济、社会、环境、资源等各指标的调控程度,如政府财政收入占 GDP 比重、科技与农业支出比例、人口自然增长率、失业率,等。⑦城市发展均衡度( $R_7$ )。反映城市内部各地区经济发展水平的差距,一般用地域间的变异系数的倒数表示: $H=1/\text{变差系数}=X/\sigma$ 。式中, $H$  为发展均衡度, $X$  为各地区人均 GDP 的平均值, $\sigma$  为各地区人均 GDP 的标准差。人均 GDP 越接近,发展均衡度越大;人均 GDP 差距越大,发展均衡度越小。

## 2 改进的熵值法

### 2.1 熵值法的基本原理

设有  $m$  个年份, $n$  项评价指标,形成原始指标数据矩阵  $X=(x_{ij})_{m \times n}$ 。对于某项指标  $x_j$ ,指标值  $x_{ij}$  的差距越大,则该指标在综合评价中所起的作用越大;如果某项指标的指标值全部相等,则该指标在综合评价中不起作用。在信息论中, $H(x)=-\sum p(x_i) \ln p(x_i)$ ,左边  $H(x)$  为信息熵,是系统无序程度的度量;右边  $-\sum p(x_i) \ln p(x_i)$  表示信息,是系统有序程度的度量,两者绝对值相等,符号相反。某项指标的指标值变异程度越大,信息熵越小,该指标提供的信息量权重越大;反之,该指标提供的信息量越小,该指标的权重越小。所以,我们可以根据各项指标的指标值变异程度,利用信息熵计算出各指标的权重,为城市可持续发展的能力评估提供科学依据<sup>[9]</sup>。

用熵值法进行综合评价的步骤是:①将各指标同度量化,计算第  $j$  项指标下第  $i$  年份指标值的比重  $p_{ij}:p_{ij}=x_{ij}/\sum x_{ij}$ ;②计算第  $j$  项指标的熵值  $e_j=-k \sum p_{ij} \ln p_{ij}$ ,令  $k=1/\ln m$ ,则  $e_j=-(1/\ln m) \sum p_{ij} \ln p_{ij} (0 \leq e_j \leq 1)$ ;③计算第  $j$  项指标的差异性系数  $g_j=1-e_j$ ,熵值越小,指标间的差异就越大;则当  $g_j$  越大时,指标就越重要;④定义第  $j$  项指标的权数  $a_j=g_j/\sum g_j$ ;⑤计算第  $i$  年份城市可持续发展度  $RSDSi=\sum a_j p_{ij}$ 。

### 2.2 改进的熵值法

在熵值法的计算过程中,运用了对数、熵等概念,当指标值为负时就不能直接计算比重,也不能取对数,而为保证数据的完整性,这个指标值又不能删去,因此需要对该项指标数据进行一定的变换,极值也应做相应的变动。据研究,改进熵值法的方法有两种:功效系数法和标准化法。前者在进行数据变换时,人为增加了  $\alpha$  变量(由评价者决定其取值大小),虽然消除了指标中的负值,但取不同的  $\alpha$  可能会出现不同的评价结果;后者则不需要增加任何主观信息,有利于缩小极值对评价结果的不利影响,故一些学者认为:“用标准化法对数据处理后的熵值法更具有合理性”<sup>[9]</sup>。

## 3 重庆市可持续发展能力的评估

### 3.1 计算步骤

首先,进行指标的标准化。 $x_{ij}'=(x_{ij}-x_j)/s_j$ 。式中, $x_{ij}'$  为标准化后的指标值, $x_j$  为第  $j$  指标的均值, $s_j$  为第  $j$  指标的标准化差。其次,进行坐标平移(为了清除负数的影响), $x_{ij}''=A+x_{ij}'$ 。式中, $x_{ij}''$  为平移后的指标值, $A$  为平移幅度;然后用  $x_{ij}''$  代替  $x_{ij}$  按公式(1)~(4)的步骤对各指标进行权重赋值(表 1)。第三,进行城市可持续发展度的评价(图 1、图 2)。

表 1 可持续发展各指标的权重赋值

指标	权重	指标	权重
发展水平( $R_1$ )	0.2817	第三产业劳动力占全劳力(%)	0.0154
人均GDP	0.0176	万元工业产值电耗	0.0180
城市居民人均生活费收入	0.0165	发展潜力( $R_3$ )	0.230
农村居民人均纯收入	0.0192	人均耕地面积	0.0207
城市恩格尔系数	0.0156	森林覆盖率	0.0141
农村恩格尔系数	0.0159	人均煤炭可采储量	0.0142
自然死亡率	0.0175	公路、铁路密度	0.0173
千人拥有病床数	0.0141	居民人均储蓄存款	0.0147
千人拥有医生数	0.0139	人均水资源拥有量	0.0198
小学适龄人口入学率	0.0147	万人拥有在校大学生	0.0139
千人拥有教师数	0.0202	人均图书杂志出版数	0.0137
商业服务业人员占总人口(%)	0.0181	千人拥有专业技术人员数	0.0171
环境质量综合指数	0.0167	自然保护区面积比重	0.0147
城市人均住房面积	0.0134	体育达标人口比例	0.0160
农村人均住房面积	0.0154	水土流失面积占区域(%)	0.0223
职工平均工资	0.0149	电视覆盖率	0.0177
城市用气普及率	0.0156	每百人拥有电话机	0.0138
城市园林绿地面积	0.0184	发展协调度( $R_4$ )	0.0188
发展效率( $R_2$ )	0.2610	发展开放度( $R_5$ )	0.0622
GDP 增长速度	0.0162	人均货运量	0.0170
万元GDP 能耗	0.0166	人均客运量	0.0159
万元工业产值能耗	0.0174	人均邮电业务量	0.0151
万元工业产值固体废弃物量	0.0182	人均国际旅游收入	0.0142
万元工业产值废水排放量	0.0162	发展调控度( $R_6$ )	0.1296
万元工业产值废气排放量	0.0141	政府财政收入占 GDP(%)	0.0157
万元工业产值SO <sub>2</sub> 排放量	0.0168	科技支出占 GDP(%)	0.0149
产值密度	0.0153	农业支出占 GDP(%)	0.0152
社会劳动生产率	0.0167	人口自然增长率	0.0157
工业资金利税率	0.0149	计划生育率	0.0189
工业增加值率	0.0158	城镇失业率	0.0156
第二第三产业产值占 GDP(%)	0.0165	刑事案件发案率	0.0179
第二第三产业劳力占全劳力(%)	0.0151	机关行政人员平均学历	0.0157
第三产业产值占 GDP(%)	0.0178	发展均衡度( $R_7$ )	0.0165

注: 资料来源于《重庆统计年鉴》, 1995 ~ 2004 年。

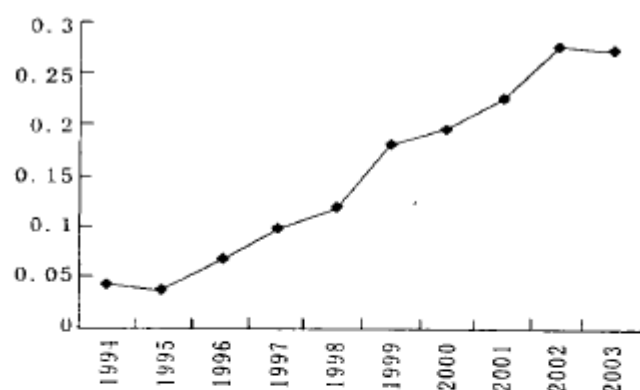


图1 可持续发展度变化

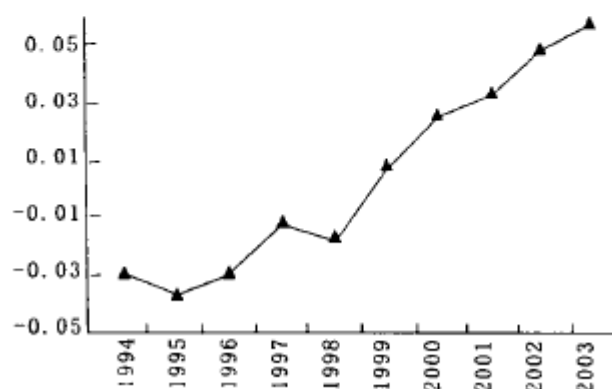


图2 发展水平

### 3.2 结果分析

在权重值大于或等于 0.160 的指标中,包括经济指标 7 个、环境指标 6 个、社会指标 5 个、科技指标 4 个、资源指标 2 个、人口指标 2 个、政府行为指标 1 个;累计权重分别为 0.1191、0.1086、0.1078、0.0691、0.0405、0.0335、0.0189,总计为 0.4957。以上分析表明,在重庆可持续发展系统的构成要素中,经济因子是最为重要的因素,因此重庆市可持续发展的关键在于振兴经济。这与我国可持续发展的首要任务是相吻合的。历史的经验和教训告诉我们,落后和贫穷不可能实现可持续发展的目标,只有经济持续、快速、健康的发展,人民的生活水平才能不断提高,才能解决资源环境问题。重庆直辖市作为典型的大城市与大农村二元结构,劳动生产率和生产力水平都不高,因此当前应该鼓励采取合理的方式大力发展经济,摆脱贫困,在发展的基础上追求“可持续性”。其次为环境因子。环境保护是我国的一项基本国策,也是实现经济、社会可持续发展的重要组成部分。重庆市的环境质量仍处于一个较低水平,必须坚持以“预防为主,防治结合”的方针,走可持续发展道路,建设和维护一个良性循环的城乡生态环境。第三为社会因子。社会发展的最终目标是满足全体人民日益增长的物质和文化生活需要,而人民物质文化生活的需要,又能调动广大人民参与可持续发展的积极性。重庆市贫困人口众多、贫困地区面积大,在全国都比较显著,再加上教育、医疗、养老制度等方面的不完善,以及一些不安定的社会因素都严重制约了城市的可持续发展。

在城市发展的系统功能中,R1~R7 的权重(表 1)依次为 0.02817、0.261、0.23、0.0188、0.0622、0.1296、0.0165,表明在重庆可持续发展能力评估中,现有的城市发展水平是最重要的因素,其它依次为城市发展效率、城市发展潜力、城市发展调控度、城市发展开发度、城市发展协调度和城市发展均衡度。

本文以年份为横坐标,以可持续发展度或各系统功能值为纵坐标,运用递阶多层次综合评价模型[7]进行评价,可得相应变化

曲线(图 1~8)。从图上可以看出,重庆市可持续发展度及各系统功能团指标的变化轨迹均为一条 Logistic 曲线<sup>[7]</sup>,根据各功能值可使其分为 2 种类型:弱波动型(图 2~4,图 6)和强波动型(图 5,7,8),因此可得出以下结论:①重庆可持续发展能力的总趋势是增强的,相对比较平稳。②重庆城市发展水平呈相对波动性增长,1995 年和 1998 年略有下降是由于发展均衡度和发展调控度下降引起的。③城市开放度及对外交流程度越来越强,1997~1999 年上升速度明显加快,说明重庆市自成立直辖市以来,政府加大开放力度取得了成效。④城市发展潜力越来越大。⑤城市发展协调度表现出不稳定的结构特征,即城市的环境、经济与社会发展总体上协调程度不够。⑥政府对城市发展的调控,以及城市中各地区差异的均衡度波动强烈,但总的趋势是有所增加的。⑦重庆市的城市发展效率呈上升趋势,表明重庆市经济与资源环境的关联度在不断提高,但对自然资源的过度依赖与掠夺式开采,导致重庆市整体发展处于不可持续发展状态。

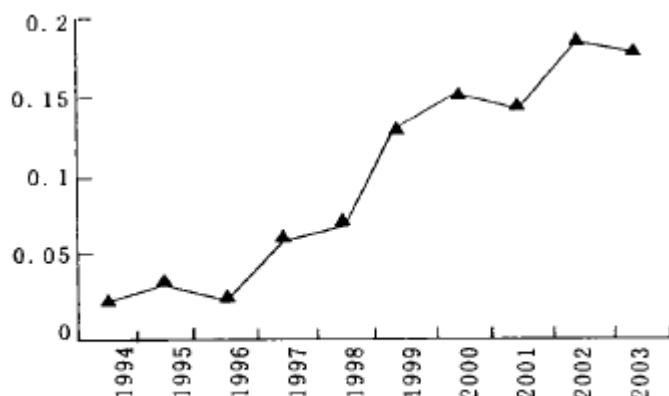


图 3 发展效率

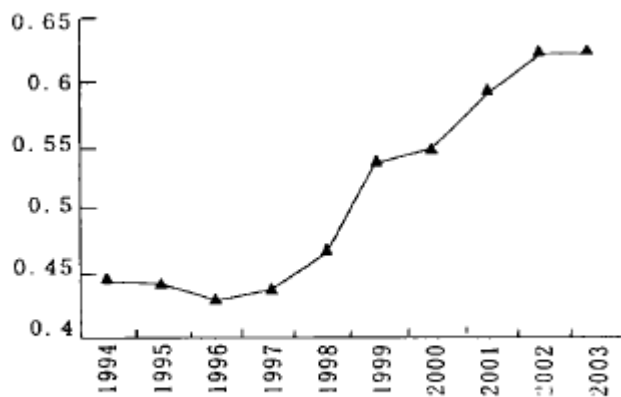


图 4 发展潜力

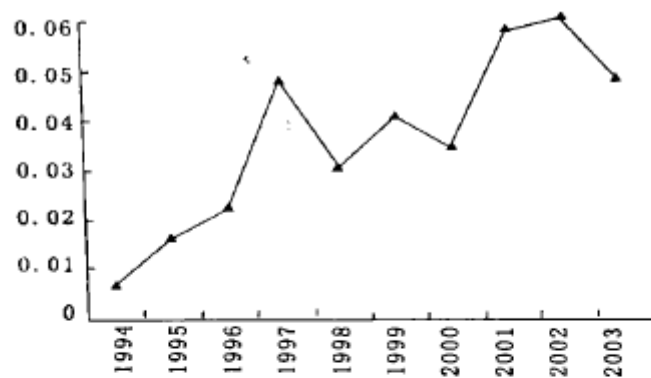


图 5 发展协调度

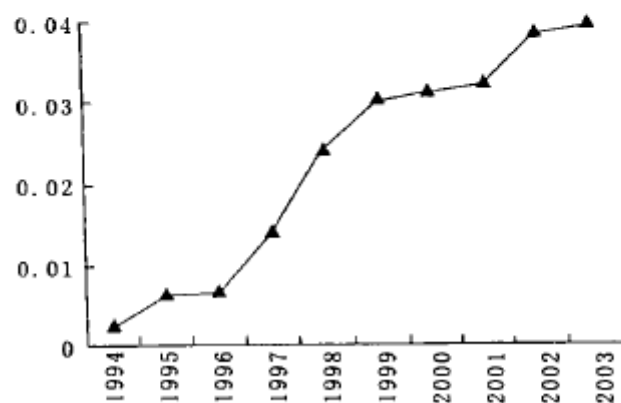


图 6 发展开放度

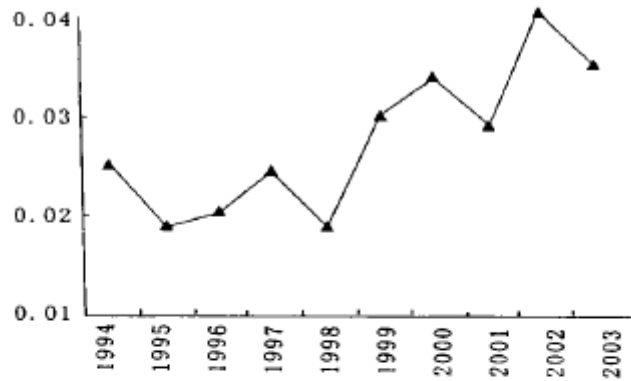


图 7 发展调控度

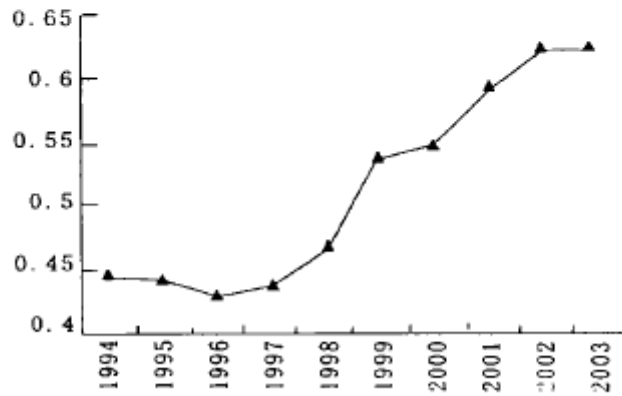


图 8 发展均衡度

## 4 结论

本文研究以重庆市为例,选择了 61 项评价指标,建立了发展水平、发展效率、发展潜力、发展协调度、发展开发度、发展调控度和发展均衡度为准则的城市发展系统评价体系。以 1995~2004 年《重庆统计年鉴》为基础,以改进的熵值法为手段,计算得到不同指标和功能团的权重,同时结合成熟的递阶多层次综合评价模型,得到了有关重庆市可持续发展能力的相应变化曲线。

研究结果表明,重庆市城市可持续发展能力总体上呈上升趋势,这与国家宏观经济、政策调控是一致的,但在全国 31 个省(区、市)可持续发展总体态势的评估中排名最后一位<sup>[10]</sup>,形势不容乐观。探讨其原因可以看出,经济上的落后是影响重庆城市可持续发展的关键因素。因此,重庆市应充分利用其作为我国第四个直辖市的地位,扩大对外经济联系,调整产业结构;依托国家一系列生态环境建设工程,积极改善地区环境质量,增强抵御自然灾害的能力;在原有科技力量的基础上加大科研投入,并提高地区教育水平,培育促进区域可持续发展的新动力;进一步深化机构改革,提高政府宏观调控区域可持续发展内部系统要素之间关系的能力<sup>[10]</sup>。

### 参考文献:

[1] World Commission on Environment and Development .Our Common Future (Brundland Commision Report) [M] .New York :Oxford University Press , 1987 .

[2]王慧炯,甘师俊,李善同.可持续发展与经济结构[M].北京:科学出版社,1999,184.

- 
- [3] 乔家君, 许叔明. 区域可持续发展度量方法比较分析[J]. 地域研究与开发, 2003, 22(4) : 9~12.
- [4] 方创琳, Yehua, Dennis Wei. 河西地区可持续发展能力评价及地域分异规律[J]. 地理学报, 2001, 56(5) : 561~569.
- [5] 乔家君. 改进的熵值法在河南省可持续发展能力评估中的应用[J]. 资源科学, 2004, 26(1) : 113~119.
- [6] 许学强, 张俊军, 广州城市可持续发展的综合评价[J]. 地理学报, 2001, 56(1) : 54~63.
- [7] 曹利军. 可持续发展评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [8] 孙瑛, 刘呈庆. 可持续发展管理导论[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [9] 郭显光. 改进的熵值法及其在经济效益评价中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 1998. (12) : 98~102.
- [10] 刘玉, 刘毅. 中国区域可持续发展评价指标体系及态势分析[J]. 中国软科学, 2003, (7) : 113~ 118 .