

区域经济可持续发展趋势及空间分布特征

张健, 濮励杰, 陈逸, 彭补拙

(南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093)

摘要: 根据区域经济发展、资源—能源消耗及环境污染的相互关系, 结合生态学表现, 基于三角模型工具及经济可持续发展定义, 分析评估区域经济可持续发展状况和长期趋势。对滁州市 1975-2005 年经济可持续利用进行系统研究, 不仅对研究区经济发展现状存在问题的解决具有实用价值, 而且对区域经济的可持续利用研究具有方法论意义。结果显示 2005 年研究区域经济发展处于一般可持续性状态, 且区域内七个行政子单元可持续发展形势介于弱可持续性到一般可持续性状态, 东南部可持续性状况优于西北部。1975-1998 年, 滁州市经济发展表现为一般可持续发展趋势, 而 1998-2005 年凸现为相对很强可持续发展趋势, 这些状况和趋势与近 30 年间滁州市在环境保护方面的不懈努力有一定关系。

关键词: 经济发展; 可持续性; 生态表现; 三角模型; 定性评估; 滁州市

1 引言

在区域可持续发展的相关研究中, 指标的选择和评估方法起到很重要的作用, 国内外许多专家和学者对此进行了大量有益的综述分析^[1-5]。可持续发展的指数主要包括: 生态指数^[6-9]、经济指数^[10, 11]、社会指数^[12-14]和系统指数^[4, 15]。在可持续发展指标及其测量方法领域中主要涉及以下四个方面: ① 监测可持续发展进展状况及长期可持续发展趋势的能力^[2-4, 16-19]; ② 选择分析指标及各单元的灵活性^[4, 16]; ③ 为使非专业人员容易理解, 报告方法的简单性^[4, 16, 20]; ④ 分析工具被各决策阶层使用的可操作性^[4, 16, 17]。

目前, 关于“可持续发展”的定义有很多种, 基于其研究目的不同, 每个定义的侧重点也有所不同^[16, 21-22], 然而缺乏一个精确的并且普遍认可的“可持续发展”定义^[23, 24]。正如许多专家和学者所指出的, 在此领域还有许多工作需深入研究^[3, 4, 16, 17, 20]。经济可持续发展即经济发展具有较高的经济收益并且有较好的生态表现^[25], 其中经济发展的生态表现包括两个方面: 即资源—能源消耗和环境污染, 较好的生态表现意味着较低的资源—能源消耗和较低的环境污染。为正确显示经济发展与资源—能源消耗及环境污染之间的关系, 利用三角模型方法定量评估区域经济可持续发展的可持续性状况及发展趋势。

滁州市位于我国中部地带, 介于东部沿海经济发达区(滁州市毗邻长三角且属于南京城市圈组成部分)和西部经济较落后地区之间, 近年来经济呈不断加速发展态势, 经济可持续利用问题研究具有一定典型性。从 20 世纪 70 年代末以来, 中国的改革开放政策导致了滁州市经济的显著增长, 研究末年(2005 年)GDP 总量是研究初年(1975 年)GDP 总量的 59.49 倍, 是 1990 年 GDP 总量的 6.08 倍, 其人均 GDP 与经济发展加速度均呈稳步

收稿日期: 2007-01-16; 修订日期: 2007-06-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(40371106、70341021); 江苏省自然科学基金项目(BK2005080); 滁州市土地利用总体规划前期修编项目 [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.40371106, 70341021; Provincial Natural Foundation of Jiangsu, No. BK2005080; Preliminary Revision of Chuzhou's Land Use Master Planning]

作者简介: 张健(1981-), 男, 安徽滁州市人, 博士研究生, 中国地理学会会员。主要从事区域规划等领域研究。

E-mail: jchangnju@163.com

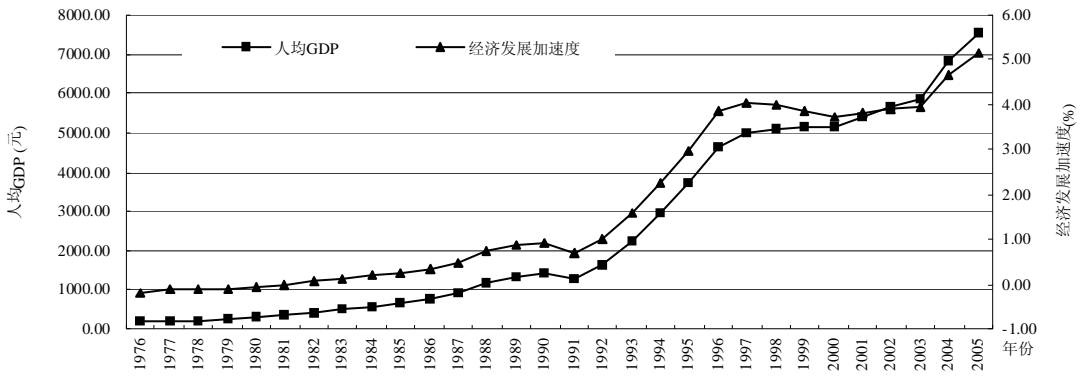


图 1 1975-2005 年滁州市人均 GDP 与经济发展加速度关系

Fig. 1 Per capita GDP and economic acceleration in Chuzhou City from 1975 to 2005

增长态势 (图 1)。然而经济长期高速增长、持续市场体制改革,带来了一定环境污染和资源损失等社会问题。滁州市近 30 年来的经济发展是否呈可持续性,或滁州市是否走向或脱离可持续性,都是值得研究和探讨的问题。如果经济发展呈可持续性,是否能从经济发展和生态表现中获得借鉴的经验,并以此确保发展依然呈一个可持续模式,为其他各地的经济发展提供借鉴参考。如果经济呈不可持续或弱可持续发展,则采取什么建议措施,选择什么增长方式措施来指导其朝可持续方向发展。本文基于此出发点,利用三角模型的特性^[26],结合生态学表现,定量评估当前区域经济发展态势,并确定当前经济发展道路对可持续发展问题的意义。

2 研究方法和数据来源

2.1 三角模型介绍

根据可持续经济发展的生态表现,从三个方面来评估区域经济发展可持续性状况和趋势:经济发展指数 (EDI),由单独的指标测量,如 GDP、人均 GDP;资源—能源消耗指数 (RECI),由单独指标测量,如万元 GDP 能耗、万元工业产值用水量、地表水资源量及人均土地资源占有量;环境污染指数 (EPI),由单独的指标测量,如工业废气排放总量、工业废水排放总量、工业固体废物产生量及交通干线噪声平均值。这三种指数的优点在于其简单性,即使用一种三角模式对经济发展、资源—能源消耗和环境污染之间的关系进行可视性描述。使用“Grapher for windows”软件构画出三角形图表,然后再利用“MS Word”进行修正,最终得到的三角模式由图 2 描述,其中 A、B、C、D、E 分别表示相对可持续性状况 (表 1); T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7 分别表示相对可持续性趋势。

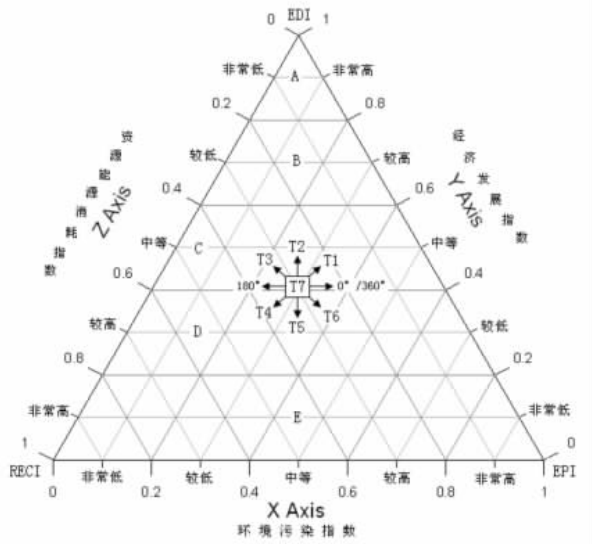


图 2 基于环境表现的经济发展可持续性状况和趋势描述

Fig. 2 The relative sustainability status and trends of economic development based on environmental performance

图 2 中三角形为等边三角形, EDI 位于最高顶点, RECI 位于左下顶点, EPI 位于右

下顶点。X、Y、Z 轴分别代表 *EPI*、*EDI* 和 *RECI*，每个轴分别沿逆时针方向从 0 到 1。每个轴分别平均分为五个范围：“非常低”：0.0~0.2；“较低”：0.2~0.4；“中等”：0.4~0.6；“较高”：0.6~0.8；“非常高”：0.8~1.0。同时用一个三角形图表来对 *EDI*、*RECI* 和 *EPI* 的相对比例结合情况进行说明。另外，三角形又进一步细分为五个区域：A、B、C、D 和 E，来表示五个不同的可持续性状况，分别代表其不同的表现水平（图 2 和表 1）。在每个三角形内，根据三个综合指数方面的相对比例变化，有七种可能的运动趋势，分别代表 7 种不同的可持续性趋势（图 2）。经过运算，根据数据点和另外数据系列的相对位置，可以对相应的可持续性状况和趋势进行评估。

表 1 基于生态表现的经济发展相对可持续性状况评估

Tab. 1 Relative sustainability status of economic development based on ecological performance

区域	指数值范围			相对指数值			生态反映	相对可持续性
	<i>EDI</i>	<i>RECI</i>	<i>EPI</i>	<i>EDI</i>	<i>RECI</i>	<i>EPI</i>		
A	0.8-1.0	0.0-0.2	0.0-0.2	非常高	非常低	非常低-低	非常好	很强可持续性
B	0.6-0.8	0.0-0.4	0.0-0.4	高	非常低-低	非常低-中	好	强可持续性
C	0.4-0.6	0.0-0.6	0.0-0.6	中	非常低-中	非常低-高	中等	一般可持续性
D	0.2-0.4	0.0-0.8	0.0-0.8	低	非常低-高	非常低/非常高	差	弱可持续性
E	0.0-0.2	0.0-1.0	0.0-1.0	非常低	非常低/非常高	非常低-低	极差	不可持续性

注：① *EDI*：经济发展指数；*RECI*：资源—能源消耗指数；*EPI*：环境污染指数；

② 来源于参考文献[25]，根据滁州市当地情况相应修改。

2.2 三角模型评估思路

使用三角模型来评估经济发展的可持续性包括下面六个必要步骤：① 选择为计算 *EDI*、*RECI* 和 *EPI* 而需要的单独指标；② 数据收集和标准化；③ 确定所选的单独指数的权重系数；④ 分别计算三个综合指数，即 *EDI*、*RECI* 和 *EPI*；⑤ 构建三角形图形；⑥ 评估可持续性的状况和趋势（表 2）。

2.2.1 选择单独指标原则 在三角模型中根据研究数据的侧重性不同，指标选择应主要考虑以下原则：

(1) 可得性原则。因为三角模型评估对象是可持续性的发展状况，最终确定的是可持续性的发展趋势，必须保证能够通过现有的统计资料获得不同阶段的评价指标值；

(2) 相关性原则。所选择的指标概念应清楚，且与具体研究对象有较高的相关性，保证指标计量的内容对于评价目标和评价对象而言是重要的和有意义的；

(3) 代表性原则。三角模型是利用 *EDI*、*RECI* 和 *EPI* 三个指数间的相互关系来例证可持续性状态和趋势，指标系统应覆盖和代表经济发展、资源—能源消耗和环境污染三个方面；

(4) 可比性原则。所选择的指标应考虑可测性、规范性和一致性，即尽可能使用量化、容易获取、统计口径一致的指标^[27]，在时间和空间尺度上具有可比性；

(5) 整体性原则。任何问题

表 2 基于生态表现的经济发展相对可持续性趋势评估

Tab. 2 Relative sustainability trends of economic development based on ecological performance

趋势	变化范围	指数变化的相对百分比值			生态反映	相对可持续性
		<i>EDI</i>	<i>RECI</i>	<i>EPI</i>		
T1	0-60°	↑	↓	↑	一般	一般可持续性
T2	60-120°	↑	↓	↓	优	很强可持续性
T3	120-180°	↑	↑	↓	一般	一般可持续性
T4	180-240°	↓	↑	↓	差	弱可持续性
T5	240-300°	↓	↑	↑	非常差	不可持续性
T6	300-360°	↓	↓	↑	差	弱可持续性
T7	无变化	↑	↑	↑	差	弱可持续性
		↓	↓	↓	差	弱可持续性
		-	-	-	原始表现	原始状况

注：① 如经济增长，资源-能源消耗和环境污染同时增加或减少，且 *EDI*、*RECI* 和 *EPI* 相对百分比不变，则生态表现差，且表现为弱不可持续性；② 如经济增长，资源-能源消耗和环境污染都保持不变，生态表现和可持续状态也保持以前的表现和状态；③ “↑” 表示增加；“↓” 表示减少；“-” 表示不发生变化；④ 根据参考文献[25]做相应修改。

都不是孤立存在的,各系统内部和系统与系统之间是相互联系、相互影响的,必须经多方面综合考虑^[28];

(6) 动态性原则。选取的指标应尽可能具有较长时段的数据资料,能够进行不同时期比较研究,以反映可持续发展的科学性和动态性^[27]。

2.2.2 数据收集和标准化 指标所用数据均从研究区域相应年份统计年鉴及环境年报中获取,同时将经济发展指数指标、资源—能源消耗指数指标和环境污染指数指标做成二维数据矩阵。

$$ED_{yi} = (d_{yi}) = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{s1} & d_{s2} & \dots & d_{sn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$REC_{yj} = (r_{yj}) = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{s1} & r_{s2} & \dots & r_{sm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$EP_{yh} = (t_{yh}) = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1k} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{s1} & t_{s2} & \dots & t_{sk} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: ED_{yi} 、 REC_{yj} 和 EP_{yh} 分别代表经济发展指数、资源—能源消耗指数和环境污染指数的原始数据矩阵。“ y ”是第 y 个研究对象,在评估可持续性发展状况时,代表不同的行政子单元,而在评估 1975-2005 年可持续性趋势时,代表不同年份;“ i ”是选择的第 i 个经济发展指数;“ j ”是选择的第 j 个资源—能源消耗指数;“ h ”是选择的第 h 个环境污染指数; d_{yi} 是第 y 个选定对象的第 i 个选定经济发展指数的一个具体原始数据; r_{yj} 是第 y 个选定对象的第 j 个选定资源—能源消耗指数的具体原始数据; t_{yh} 是第 y 个选定对象的第 h 个选定环境污染指数的具体原始数据。

为使数据具有可比性,对 ED_{yi} 、 REC_{yj} 和 EP_{yh} 使用公式 (4)~(6) 分别进行标准化处理。

$$ED'_{yi} = (d'_{yi}) = \frac{d_{yi}}{\underset{y=1}{\text{Max}}(d_{yi})} \quad (y = 1, 2, \dots, s; i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$REC'_{yj} = (r'_{yj}) = \frac{r_{yj}}{\underset{y=1}{\text{Max}}(r_{yj})} \quad (y = 1, 2, \dots, s; j = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

$$EP'_{yh} = (t'_{yh}) = \frac{t_{yh}}{\underset{y=1}{\text{Max}}(t_{yh})} \quad (y = 1, 2, \dots, s; h = 1, 2, \dots, k) \quad (6)$$

式中: ED'_{yi} 、 REC'_{yj} 和 EP'_{yh} 分别为经济发展指数、资源—能源消耗指数和环境污染指数的标准化数据矩阵。 $\underset{y=1}{\text{Max}}(d_{yi})$ 是 ED_{yi} 矩阵中选定的第 i 个经济发展指数最大值; $\underset{y=1}{\text{Max}}(r_{yj})$ 是 REC_{yj} 矩阵中选定的第 j 个资源—能源消耗指数的最大值; $\underset{y=1}{\text{Max}}(t_{yh})$ 是 EP_{yh} 矩阵中选择的第 h 个环境污染指数最大值。“ y ”、“ i ”、“ h ”、 d_{yi} 、 r_{yj} 和 t_{yh} 与矩阵 (1)~(3) 中的意思相同。

根据矩阵 (1)~(3) 中的原始数据, ED'_{yi} 、 REC'_{yj} 和 EP'_{yh} 可分别通过公式 (4)~(6), 得到如下:

$$ED'_{yi} = (d'_{yi}) = \begin{bmatrix} d'_{11} & d'_{12} & \cdots & d'_{1n} \\ d'_{21} & d'_{22} & \cdots & d'_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d'_{s1} & d'_{s2} & \cdots & d'_{sn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$REC'_{yj} = (r'_{yj}) = \begin{bmatrix} r'_{11} & r'_{12} & \cdots & r'_{1m} \\ r'_{21} & r'_{22} & \cdots & r'_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r'_{s1} & r'_{s2} & \cdots & r'_{sm} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$EP'_{yh} = (t'_{yh}) = \begin{bmatrix} t'_{11} & t'_{12} & \cdots & t'_{1k} \\ t'_{21} & t'_{22} & \cdots & t'_{2k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ t'_{s1} & t'_{s2} & \cdots & t'_{sk} \end{bmatrix} \quad (9)$$

式中： d'_{yi} 是第 y 个研究对象的第 i 个经济发展指数的具体标准化数据； r'_{yj} 是第 y 个对象的第 j 个资源—能源消耗指数的具体标准化数据； t'_{yh} 是第 y 个研究对象的第 h 个环境污染指数的具体标准化数据。 ED'_{yi} 、 REC'_{yj} 和 EP'_{yh} 及“ y ”、“ i ”、“ h ”和公式(4)~(6)中的意思一样。

2.2.3 确定权重系数 由于权重系数对于可持续性的评估有不同的影响，需对选择的指数赋予权重系数。目前赋予指数权重系数方法包括：实验分析法、专家咨询(Delphi)、层次分析法(AHP)或上述方法的结合。为增加权重系数的准确性，最好对两种或三种方法结合使用。本文将“AHP”法和“Delphi”法相结合，对所选择的指数来确定权重系数。

2.2.4 EDI、RECI 和 EPI 的综合指数计算 EDI 、 $RECI$ 和 EPI 可以分别通过公式(10)~(12)进行计算。

$$EDI_y = \sum_{i=1}^n (ED'_{yi} * W_i) \quad (10)$$

$$RECI_y = \sum_{j=1}^m (REC'_{yj} * W_j) \quad (11)$$

$$EPI_y = \sum_{h=1}^k (EP'_{yh} * W_h) \quad (12)$$

式中： EDI_y 、 $RECI_y$ 和 EPI_y 分别是第 y 个研究对象的经济发展指数、资源—能源消耗指数和环境污染指数(即部门、区域或年份)。 W_i 是第 i 个经济发展指数的权重系数，所有选定的

经济发展指数的 n 个权重系数的总和是 1，即 $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ ； W_j 是第 j 个资源—能源消

耗指数的权重系数，所有选定的资源—能源消耗指数的 m 个权重系数的总和是 1，即 $\sum_{j=1}^m W_j = 1$ ； W_h 是第 h 个环境污染指数的权重系数，所有选定的环境污染指数的 k 个权重系

数总和是 1，即 $\sum_{h=1}^k W_h = 1$ 。 ED'_{yi} 、 REC'_{yj} 和 EP'_{yh} 同公式(4)~(9)中的意义相同。

3 滁州市经济发展可持续性状况

3.1 滁州市 2005 年可持续性状况

利用滁州市 2005 年工业经济发展和生态特征指标(表 3)，来例证滁州市 2005 年的经济发展可持续性状况，并使用 1975-2005 年近 30 年来滁州市工业经济和生态特征变化情

表 3 2005 年滁州市工业经济发展和生态特征指标

Tab. 3 Index of industrial economic development and ecological performance in Chuzhou in 2005

指标	滁州	南谯	来安	全椒	天长	定远	凤阳	明光	权重系数
GDP (10^9 元) ED_1	328.08	18.37	33.34	28.83	62.42	38.85	39.23	35.63	0.50
人均 GDP (元/人) ED_2	7531.29	6847.17	6810.07	6397.97	10098.64	4226.43	5377.85	5604.68	0.50
万元 GDP 能耗 (t 标准煤/万元) REC_1	0.36	0.22	0.35	0.34	0.47	0.28	0.25	0.28	0.25
万元工业产值用水量 (t) REC_2	29.21	26.44	32.25	30.09	37.76	29.26	26.39	35.54	0.25
地表水资源量 ($10^8 m^3$) REC_3	41.80	5.33	5.59	5.00	6.52	8.09	4.06	7.21	0.15
森林覆盖率 (%) REC_4	21.49	34.73	20.81	25.02	11.04	16.33	20.65	32.91	0.15
人均土地资源占有量 (hm^2) REC_5	0.31	0.46	0.31	0.35	0.28	0.33	0.27	0.28	0.20
工业废气排放总量 (10^8 标 m^3) EP_1	203.87	56.63	41.85	3.17	4.17	28.40	65.91	3.74	0.15
工业废水排放总量 ($10^4 t$) EP_2	2314.00	445.00	1382.00	33.00	108.00	183.00	46.00	117.00	0.15
工业固体废物产生量 ($10^4 t$) EP_3	54.54	36.59	1.77	0.37	0.40	7.53	7.11	0.77	0.15
交通干线噪声平均值 (db) EP_4	69.60	44.75	40.39	42.28	59.65	48.68	49.87	47.73	0.10
万元工业产值废气排 放量 (10^4 标 m^3 /元) EP_5	1.95	0.78	5.52	1.95	0.15	0.06	2.26	3.46	0.10
万元工业产值废水排 放量 (t/元) EP_6	22.08	8.91	43.37	64.25	1.52	1.43	14.56	2.42	0.10
万元工业产值工业固体 废物产生量 (t/元) EP_7	0.52	0.21	3.57	0.08	0.02	0.01	0.60	0.37	0.10
工业废水排放达标量 ($10^4 t$) EP_8	2187.00	418.00	1333.00	33.00	107.00	183.00	44.00	69.00	0.10
工业废水排放达标率 (%) EP_9	93.93	96.45	100.00	99.07	100.00	95.65	58.97	93.93	0.05

注: ① 2005年滁州市工业产值约占GDP总量的50%, 所测的污染75%以上来自工业, 工业能耗约占总能耗的85%, 故利用工业发展的可持续性代表滁州市经济发展的可持续性; ② 由于琅琊区是滁州市中心城区, 资源及生态特征不明显, 故用滁州市代替琅琊区。

况 (表 4) 来论证滁州市经济发展的长期可持续性趋势。

根据上述公式及表 3 数据, 分别对滁州市七个行政子单元的 EDI 、 $RECI$ 和 EPI 三项复合指数进行计算。通过 ED_1 和 ED_2 结合权重系数计算出 EDI , 使用 REC_1 、 REC_2 、 REC_3 、 REC_4 和 REC_5 5 种指数结合权重系数计算出 $RECI$, 根据 $EP_1 \sim EP_9$ 等 9 种指数结合权重系数计算出 EPI 。

根据表 4 和上述公式, 分别计算出 1975-2005 年滁州市经济发展可持续性的 EDI 、 $RECI$ 和 EPI 3 组指数。根据 ED_1 和 ED_2 两种指数结合权重系数计算出 EDI , 根据 REC_1 、 REC_2 、 REC_3 和 REC_4 4 种指数结合权重系数计算出 $RECI$, 根据 $EP_1 \sim EP_9$ 等 9 种指数结合权重系数计算出 EPI 。用于指数计算的数据均来自滁州五十年、滁州市统计年鉴 (1999-2006 年) 及滁州市环境公报 (1995-2006 年), 而每个指数的每单位量根据收集到的数据进行计算, 最终得到 EDI 、 $RECI$ 和 EPI 三项复合指数及 EDI 、 $RECI$ 和 EPI 三组综合指数结果 (图 3)。

图 3 中 A 表示很强可持续性区域, B 表示强可持续性区域, C 表示一般可持续性区

表 4 1975-1991 年和 1991-2005 年滁州市工业经济和生态特征变化情况
 Tab. 4 The change of industrial economic growth and ecological performance in Chuzhou during the periods of 1975-1991 and 1991-2005

指标	单位	权重系数	1975-1991		1991-2005		
			年均变化	年变化率 (%)	年均变化	年变化率 (%)	
ED ₁	GDP	10 ⁹ 元	0.5	32305.47	+11.42	182738.27	+13.79
ED ₂	人均 GDP	元/人	0.5	84.67	+12.21	406.80	+14.64
REC ₁	万元 GDP 能耗	t 标准煤/万元	0.25	0.01	+16.41	0.02	+8.30
REC ₂	万元工业产值用水量	t	0.25	13.24	+15.40	-13.04	-12.72
REC ₃	地表水资源量	10 ⁸ m ³	0.25	0.02	+0.04	-0.02	-0.05
REC ₄	森林覆盖率	%	0.25	0.12	+0.68	0.20	+0.99
EP ₁	工业废气排放总量	10 ⁸ 标 m ³	0.15	2.06	+3.73	8.72	+7.08
EP ₂	工业废水排放总量	10 ⁴ t	0.15	324.53	+7.60	-332.67	-7.38
EP ₃	工业固体废物产生量	10 ⁴ t	0.15	1.67	+6.47	0.90	+1.92
EP ₄	交通干线噪声平均值	db	0.1	0.21	+0.33	0.36	+0.54
EP ₅	万元工业产值废气排放量	10 ⁴ 标 m ³ /元	0.1	-0.03	-0.66	-0.20	-6.08
EP ₆	万元工业产值废水排放量	t/元	0.1	12.03	+3.04	-31.75	-18.76
EP ₇	万元工业产值工业固体废物产生量	t/元	0.1	0.05	+1.97	-0.15	-10.61
EP ₈	工业废水排放达标量	10 ⁴ t	0.1	69.27	+16.38	68.60	+4.33
EP ₉	工业废水排放达标率	%	0.05	138.71	+9.30	79.03	+2.36

注：① 考虑到某些因素变化量不大，故调整了某些指标及相应权重系数；② “+”表示增加，“-”表示减少。

域，D 表示弱可持续性区域，E 表示不可持续性区域。C₁ 表示滁州市，C₂ 表示天长市，C₃ 表示来安县，C₄ 表示全椒县，D₁ 表示南谯区，D₂ 表示明光市，D₃ 表示凤阳县，D₄ 表示定远县。

根据地区来看，结果不容乐观。七个行政子单元中，经济相对发展可持续性现状全部位于一般可持续性区域 (C) 和弱可持续性区域 (D) 中，即使在同一区域经济相对发展可持续性也存在明显差异。就环境表现而言，所得到的结果与现实密切相关，滁州市东南部 (天长市、来安县和全椒县) 的经济发展要比西北部 (定远县、明光市和凤阳县) 好，表现为东南部区域平均及人均经济产值较高，其能源消耗相对较低，且工业废水、工业废气和工业固体废弃物的排放也较低。

3.2 滁州市可持续发展性趋势分析

根据上述公式及表 4 计算，滁州市 1975-2005 年经济发展可持续性趋势 (图 4) 表明：1975-2005 年，滁州市经济发展的趋势从弱不可持续性缓慢走向弱可持续性，继而有上升至一般可持续性的态势，近几年来快速朝向一般可持续性和强可持续性发展。其中三个趋势较明显：T1、T2 和 T3。1975-1991 年滁州市经济发展呈一般可持续性趋势 (T3)，生态反映处于一般水平；1991-1998 年滁州市经济发展仍呈一般可持续性趋势 (T1)，生态反映处于一般水平，但较上一阶段生态反映有所好转；1998-2005

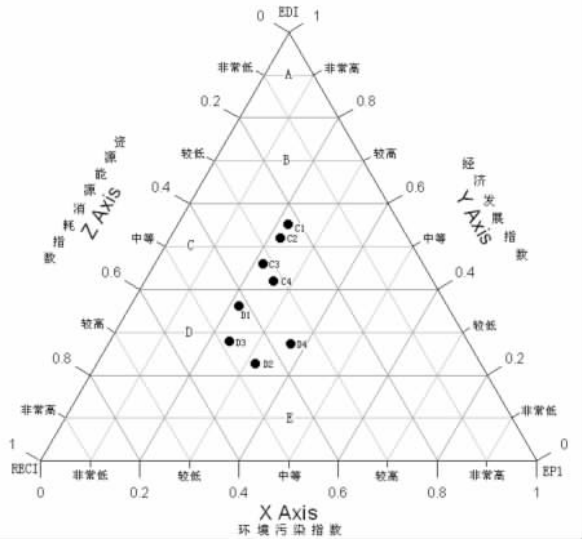


图 3 2005 年滁州市不同行政区域经济相对可持续性情况
 Fig. 3 The relative sustainability status of different industrial sectors in Chuzhou in 2005

年滁州市经济发展提高到很强可持续性趋势 (T2), 生态反映表现为优。就生态反映而言, 滁州市经济增长在 1991-2005 年比 1975-1991 年改善明显, 同时 1991-2005 年与 1975-1991 年相比, 经济发展指数呈现的高年均变化和年变化率, 能源消耗、污染指数呈现的低年均变化和低年变化率, 与生态反映的情况基本相符。

图 4 中 A 表示很强可持续性区域, B 表示强可持续性区域, C 表示一般可持续性区域, D 表示弱可持续性区域, E 表示不可持续性区域。T1 表示一般可持续性, T2 表示强可持续性, T3 表示一般可持续性。

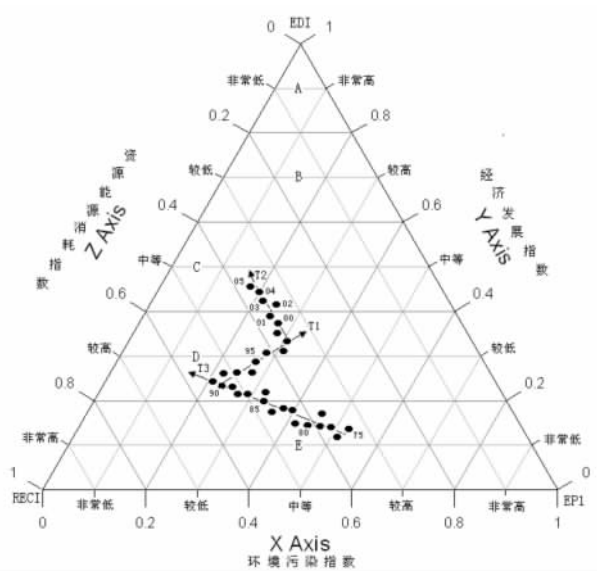


图 4 1975~2005 年滁州市经济发展相对可持续性趋势
Fig. 4 The long-term relative sustainability trends of economic development in Chuzhou from 1975 to 2005

4 分析与结论

为了评估区域经济发展的可持续性 & 长期趋势, 根据三个复合指数 (EDI、RECI 和 EPI) 的相互关系建立了一个三角模型。用一个三角形图表来对 EDI、RECI 和 EPI 之相对比例组合进行图例说明。通过三角模型表明: ① 2005 年滁州市经济发展阶段为一般可持续性状态, 滁州市区域内 7 个行政子单元介于弱可持续性区域和一般可持续性区域中, 且东南部地区可持续性状况优于西北部地区。分析原因, 主要与区域的区位位置及产业政策的导向有关, 东南部地区靠近南京, 在区位上便于接轨南京都市圈, 易建立与南京经济的联动体制和制度环境, 易接受南京及长三角地区产业的转移和经济的较强辐射, 经济发展潜力大, 且在大力发展经济的同时, 注意保护环境和提高能源有效利用率; ② 1975-1991 年和 1991-1998 年滁州市经济发展呈一般可持续性趋势, 而 1998-2005 年滁州市经济发展凸现到很强可持续性趋势。这些结果较好的反映出过去 30 年中尤其是从 1991 年开始, 滁州市经济发展的生态反映已有所改善, 这主要是由于环境保护方面的持续努力和不断将环境保护问题 and 经济发展过程整合起来的结果。滁州市环境保护经历了无保护—有计划保护—注意改善的演变过程, 尤其是 2005 年《滁州生态市建设规划》的颁布和执行, 更加有利于滁州市环境保护工作的开展和经济的良性发展、资源—能源消耗的降低和生态环境的改善。③ 虽取得一定进展, 但从可持续发展的长期角度看, 经济发展的当前状况不容乐观 (图 3 和图 4), 需提高能源利用效率和降低污染排放, 区域相对可持续发展状况才可进一步得以改善。

参考文献 (References)

[1] Moldan B, Billharz S. Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development, SCOPE 58. Chichester: John Wiley and Sons, 1997.

[2] Mao Hanying. Study on comprehensive regulation of sustainable development when Shandong province steps into next century. Acta Geographica Sinica, 1998, 53(5): 413-421. [毛汉英. 山东省跨世纪可持续发展的综合调控研究. 地理学报, 1998, 53(5): 413-421.]

[3] National Research Council Board on Sustainable Development. Our Common Journey: A Transition toward Sustainability. Washington, DC: National Academy Press, 1999.

[4] IISD (International Institute for Sustainable Development). Compendium of Sustainable Development Indicator Initiatives

and Publications, 2000.

- [5] Swart R, Raskin et al. Critical challenges for sustainability science. *Science*, 2002, 297: 1994-1995.
- [6] Steinborn W, Svirezhev Y. Entropy as an indicator of sustainability in agro-ecosystems: North Germany case study. *Ecol. Modell.*, 2000, 133: 247-257.
- [7] Wall G, Gong M. On exergy and sustainable development (Part 1): Conditions and concepts. *Exergy Int. J.*, 2001, 1(3): 128-145.
- [8] Chen G Q. Exergy consumption of the earth. *Ecol. Modell.*, 2005, 184: 363-380.
- [9] Lefroy E, Rydberg T. Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia. *Ecol. Modell.*, 2003, 161: 195-211.
- [10] Pearce D, Atkinson G. Capital theory and the measurement of sustainable development: An indicator of weak sustainability. *Ecol. Econ.*, 1993, 8(2): 103-108.
- [11] Turner P, Tschirhart J. Green accounting and the welfare gap. *Ecol. Econ.*, 1999, 30: 161-175.
- [12] UNDP. Human Development Report 1990. Oxford University Press, New York, 1990.
- [13] Matthews J, Munday M et al. An Index of Sustainable Economic Welfare for Wales: 1990-2000. Report for the Countryside Council for Wales, 2003.
- [14] Hamilton C. The genuine progress indicator methodological developments and results from Australia. *Ecol. Econ.*, 1999, 30 (1): 13-28.
- [15] Liao Zhijie, Liu Yue. Comprehensive indexes and spatial distribution characteristics of the regional sustainable development of China. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(2): 139-150. [廖志杰, 刘岳. 中国区域可持续发展水平及其空间分布特征. *地理学报*, 2000, 55(2): 139-150.]
- [16] Iyer-Raniga U, Treloar G. A context for participation in sustainable development. *Environ. Manage.*, 2000, 4: 349-361.
- [17] Kates R W, Clark et al. Sustainability Science. *Science*, 2001, 292: 641-642.
- [18] Prescott-Allen R. The wellbeing of nations: A country-by-country index of quality of life and the environment. Washington, DC., Island Press, 2001.
- [19] Atkission A, Hatcher R L. The compass index of sustainability: Prototype for a comprehensive sustainability information system. *J. Environ. Assess. Policy Manage.*, 2001, 4: 509-532.
- [20] UNCSO (United Nations Commission on Sustainable Development). Indicators of sustainable development: Framework and methodologies, 2001.
- [21] Barbiroli G. Technological pluralism and diversity as fundamental prerequisites for sustainability. *Int. J. Sust. Dev. World Eco.*, 2000, 3: 261-270.
- [22] Fang Chuanglin, Yehua Dennis Wei. Evaluation on the sustainable development capacity and regularity of its regional differentiation in Hexi region. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(5): 561-569. [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. *地理学报*, 2001, 56(5): 561-569.]
- [23] Radermacher W. Indicators, green accounting and environment statistics: Information requirements for sustainable development. *Intern. Statist. Rev.*, 1999, 3: 339-354.
- [24] Phillis Y A, Riantiatsaholiniaina L A. Sustainability: An ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic. *Ecol. Econ.*, 2001, 3: 435-456.
- [25] Xu Fuli, Zhao Shanshan, Richard W Dawson et al. A triangle model for evaluating the sustainability status and trends of economic development. *Ecol. Modell.*, 2006, 195: 327-337.
- [26] Chen Yanguang, Zhou Yixing. Modeling self-organized network of cities based on the urban triangular lattice model. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2005, 41(2): 258-264. [陈彦光, 周一星. 基于三角点阵模型的自组织城市网络探讨. *北京大学学报(自然科学版)*, 2005, 41(2): 258-264.]
- [27] Yuan Xingzhong, Liu Hong, Lu Jianjian. Assessment of ecosystem health: Concept framework and indicator selection. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(4): 627-629. [袁兴中, 刘红, 陆健健. 生态系统健康评价: 概念构架与指标选择. *应用生态学报*, 2001, 12(4): 627-629.]
- [28] Li Xiangyun, Wang Lixin, Zhang Yushu et al. Analysis of roles of human activities in land desertification in arid area of Northwest China. *Scientia Geographica Sinica*, 2004, 24(1): 68-75. [李香云, 王立新, 章予舒 等. 西北干旱区土地荒漠化中人类活动作用及其指标选择. *地理科学*, 2004, 24(1): 68-75.]

Sustainability Status and Trends of Regional Economic Development and Their Spatial Distribution

ZHANG Jian, PU Lijie, CHEN Yi, PENG Buzhuo

(School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The triangle method, as an intuitive platform for illustrating sustainability status and trends in economic development, seems to hold promise as an analytical management tool given its simplicity, ease of use, and flexibility. The triangle model can serve as an intuitive platform for illustrating existing sustainability status and trends in economic development coincident with the implementation of various measures. The intuitive aspect of the model makes it easy to understand and use by researchers and policy-makers from many different levels. The method's flexibility in the selection of individual indicators and basic analytical units, its ease of understanding and use by experts and managers, and its simplicity in calculating and presenting status or trends of sustainability would seem to offer the potential for widespread use. Based on the interrelationships among economic development, resource-energy consumption, and environmental pollution, in conjunction with ecological performance and the triangle method, a definition for sustainable economic development was proposed, and a novel triangle method was designed to evaluate economic development sustainability. Chuzhou City is located at the middle east of China and lies in the middle zone among the country's three major zones of the eastern zone, middle zone and western zone. It is adjacent to the economically developed Yangtze Triangle Region. It had a total population of 435.62×10^4 in 2005. It covers a total area of 135.23×10^4 hm^2 with four counties, two cities and two districts under its administration. Because Chuzhou City is located between the economically developed eastern coastal areas and economically backward western areas, the study of economic development is of typical to a certain extent. As a case study, the triangle method was applied to assess the sustainability status and long-term trends of Chuzhou's economic development. The results show that economic development in 2005 represents a relatively commonly state of sustainability, and the seven political regions in Chuzhou City reflect sustainability positions ranging from weakly sustainable to commonly sustainable. The sustainability in the southeast is better than in the northwest. The Chuzhou's economic development between 1975 and 1998 reveals a common sustainable trend, while that from 1998 to 2005 demonstrates a relatively strong sustainable trend. Chuzhou's unremitting efforts in environmental protection and in the increasing integration of environmental considerations within the economic development process over the last three decades are contributory to these status and trends.

Key words: economic development; sustainability; ecological performance; triangle model; quantitative evaluation; Chuzhou City