

# 江苏经济增长质量和效益评价模型与实证分析

门可佩<sup>1</sup> 唐沙沙<sup>1</sup> 赵凯<sup>1</sup> 朱淑丹<sup>1</sup>

## 摘要

随着发展观的转变,经济增长质量和效益已成为人们关注的热点问题.从经济增长质量内涵的界定出发,结合江苏经济增长实际,建立了由7个2级指标、16个3级指标组成的经济增长质量与效益综合评价指标体系,采用主成分-聚类分析和改进的灰色关联分析方法相结合,对江苏省经济增长质量进行实证分析研究.结果表明:2004—2009年江苏省各年度经济增长质量与效益整体上呈逐年趋好态势.当前,江苏发展所面临的主要问题是经济增长效益不高,必须采取有效措施加以解决,确保经济持续稳定增长.

## 关键词

经济增长质量和效益;评价指标体系;主成分-聚类分析;改进的灰色关联分析

中图分类号 TH71;TG803

文献标志码 A

收稿日期 2011-03-25

资助项目 江苏省统计局、江苏省第二次经济普查研究项目(2009LW03);南京信息工程大学教改项目(08KC0012)

## 作者简介

门可佩,男,教授,硕士生导师,主要从事应用统计分析研究. menkepei@163.com

<sup>1</sup> 南京信息工程大学 数理学院,南京,210044

## 0 引言

江苏省是我国东部沿海的发达省份之一,改革开放以来经济建设取得了举世瞩目的成就.当前,江苏省已进入全面小康向基本实现现代化迈进的新阶段,要把握机遇,抢占先机,打好转变经济发展方式这场硬仗,加快经济转型升级,扩大创新的优势,在科学发展的道路上铸造新的辉煌,其任务十分艰巨.因此,对江苏省第1次和第2次全国经济普查期间经济增长质量与效益进行综合评价与实证分析,具有重要的现实意义,这将有利于制定并完成“十二五”合理可行的区域经济发展战略,全面推进江苏区域经济协调稳步发展再上一个新台阶.

## 1 研究方法

### 1.1 评价指标体系的构建

关于经济增长质量问题,许多学者都进行过研究,但是,经济增长质量具体内涵却至今没有一个统一的权威界定.在众多学者的研究中,本文倾向于李变花<sup>[1]</sup>所阐述的经济增长质量的内涵,即高质量的经济增长应符合以下几项要求:1)经济增长主要不是靠投入数量的增加,而是靠科技进步的提高;2)经济增长持续稳定,避免剧烈的波动;3)物价上涨率被控制在合理的限额之内;4)经济增长伴随着产业结构的优化和总供需的大体平衡;5)经济增长不以牺牲环境资源为代价;6)经济增长伴随着经济效益的提高和居民生活水平的改善.李变花就经济增长质量的内涵构建了包含8个方面的指标体系,即:经济增长水平、经济增长效益、经济结构、技术进步、环境保护、竞争能力、人民生活水平和经济稳定性.在这8个方面中,技术进步是竞争能力的原动力,竞争能力是技术进步的外在表现,所以将此2方面指标合二为一,并在现有研究成果的基础上<sup>[1-2]</sup>,设计了由7个2级指标、16个3级指标所组成的经济增长质量综合评价的统计指标体系,其原始数据取自《江苏统计年鉴2005—2010》和江苏省第1次与第2次全国经济普查主要数据公报<sup>[3-5]</sup>,参见表1.

### 1.2 主成分-聚类分析法

多属性评价问题的指标之间往往有较大的相关性,这样所提供的重复信息为分析问题带来许多不便,同时也影响了分析结论的真实性和可靠性.若采用全部变量时,其结果不够直观,不好说明问题.

表1 指标体系与原始数据  
Table 1 The index system and original data

指标	单位	年份					
		2004	2005	2006	2007	2008	2009
全社会劳动生产率(X1)	万元/人	3.35	4.06	4.74	5.57	6.52	7.37
投资效果系数(X2)	/	2.20	2.09	2.15	2.10	2.01	1.83
单位GDP能耗(X3)	t标煤/万元	0.98	0.94	0.85	0.80	0.70	0.69
第三产业增加值占GDP的比重(X4)	%	4.67	7.05	6.28	6.87	6.37	5.05
城镇化水平(X5)	%	48.18	50.50	51.90	53.20	54.30	55.60
高新技术产业总产值占GDP的比重(X6)	%	34.14	43.31	47.62	57.07	60.71	63.80
人均3种专利申请数量(X7)	件/万人	3.17	4.66	7.06	11.67	16.67	22.57
出口竞争系数(X8)	%	0.05	0.17	0.30	0.40	0.54	0.70
人均邮电业务量(X9)	万元/人	0.07	0.10	0.13	0.17	0.21	0.23
建成区绿化覆盖率(X10)	%	37.9	39.8	41.7	42.8	42.6	41.3
无害化处理厂日处理能力(X11)	t	23 569	24 000	24 545	24 192	27 985	35 593
经济增长波动系数(X12)	/	0.16	0.06	0.14	0.03	0.05	0.71
人均GDP指标(X13)	万元/人	2.02	2.49	2.89	3.43	4.05	4.47
城镇恩格尔系数(X14)	%	40.0	37.2	36.0	36.7	37.9	36.3
农村恩格尔系数(X15)	%	44.2	44.0	41.8	41.6	41.3	39.2
城乡居民收入比(X16)	/	2.20	2.33	2.42	2.50	2.54	2.57

如果前几个主成分的累计贡献率达到较高的百分比(一般在75%以上,本文取85%以上),则可在由这几个主成分构成的得分散点图上用目测法对各样本点进行直观地聚类.这种先做主成分分析,再根据前几个主成分进行聚类的方法,即称为主成分-聚类分析法.尽管只使用前几个主成分会使信息有所损失,但样品散点图中却包含着正规聚类方法所反映不出来的信息<sup>[6-8]</sup>.

设有 $n$ 个样品,每个样品有 $p$ 项指标,则有原始数据阵 $\mathbf{X}=(x_{ij})_{n \times p}$ , $i=1,2,\dots,n$ , $j=1,2,\dots,p$ .用数据矩阵 $\mathbf{X}$ 的 $p$ 个指标向量 $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ 作线性组合,即综合指标量为

$$\mathbf{F}_i = a_{1i}\mathbf{X}_1 + a_{2i}\mathbf{X}_2 + \dots + a_{pi}\mathbf{X}_p, \quad i=1,2,\dots,p. \quad (1)$$

为了加以限制,对组合系数 $a_i=(a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{pi})$ 作如下要求:

$$a_{1i}^2 + a_{2i}^2 + \dots + a_{pi}^2 = 1, \quad i=1,2,\dots,p, \quad (2)$$

即 $\mathbf{a}_i$ 为单位向量, $\mathbf{a}_i \mathbf{a}_i = 1$ ,且由下列原则决定:

$$1) \mathbf{F}_i \text{ 与 } \mathbf{F}_j (i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, p) \text{ 不相关, 即 } \text{cov}(\mathbf{F}_i, \mathbf{F}_j) = 0; \quad (3)$$

2)  $\mathbf{F}_1$  是  $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$  的一切线性组合(系数满足上述要求)中方差最大的,即

$$\text{var}(\mathbf{F}_1) = \max_{\mathbf{a}' \mathbf{a}' = 1} \text{var} \left( \sum_{i=1}^p \mathbf{a}_i \mathbf{X}_i \right), \quad (4)$$

其中,记 $\mathbf{a}' = (a_1, a_2, \dots, a_p)$ .

$\mathbf{F}_2$  是与  $\mathbf{F}_1$  不相关的  $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$  一切线性组合中方差最大的,  $\dots, \mathbf{F}_p$  是与  $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_{p-1}$  都不相关的  $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$  的一切线性组合中方差最大的.

满足上述要求的综合指标向量  $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_p$  就是主成分,原指标相关矩阵相应的特征值  $\lambda_i$  就是第  $i$  个主成分方差的贡献,表示第  $i$  个主成分变化大小,从而反映第  $i$  个主成分所提供的信息大小.每一个主成分的组合系数  $\mathbf{a}_i = (a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{pi})$  就是相应特征值  $\lambda_i$  所对应的特征向量,其方差的贡献率  $\alpha_i = \lambda_i / \sum_{j=1}^p \lambda_j$ ,  $\alpha_i$  越大,说明相应的主成分反映综合信息的能力越强.当某个主成分的方差贡献率很小时,则认为它提供的信息很少,可以略去此主成分.通常,当前  $q$  个主分量的累计方差贡献率达到75%以上时,可以只考虑取前  $q$  个主分量,用它们来解释随机向量  $\mathbf{X}$  的特性,其余主成分则认为是观测误差等随机因素造成的.

### 1.3 具有稳定度的灰色关联分析

1982年,中国学者邓聚龙教授创立了灰色系统理论.“少数数据”、“不确定性”称为灰性,具有灰性的系统则称为灰色系统.灰色系统理论以“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统为研究对象,主要通过对部分已知信息的生成、开发,提取有价值的信息,实现对系统运行规律的正

确认识和有效控制. 20 多年来, 灰色系统理论已经在工农业生产、经济管理、能源交通、地质矿产、医药卫生、人口、气象、军事等领域得到极其广泛的应用. 同时, 灰色系统理论本身也在日益发展, 不断完善<sup>[9-10]</sup>.

灰色关联分析是灰色系统理论的 2 大支柱之一, 是少数据、贫信息、不确定系统内部进行系统分析的一个重要的定量分析方法, 它将距离空间与点集拓扑空间相结合, 对一个系统发展变化态势进行有参考系、有数字测度的整体比较. 它可用于分析系统因子主次、识别模式、优选方案、处置行为等问题. 灰色关联分析的基本原理, 是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密. 灰色关联度是多个系统或因素之间两两关联性大小的量度, 它描述经济发展过程中因素间相对变化的情况, 也就是变化大小、方向与速度等相对性. 如果 2 个因素在发展过程中相对变化态势一致性高, 则两者的灰色关联度大; 反之, 灰色关联度就小. 因此, 所谓灰色关联分析, 就是系统的因素分析, 是通过灰色关联度来分析和确定系统因素间的影响程度或因素对系统主行为的贡献测度的一种方法.

区域经济增长的质量与效益评价问题是一个典型的灰色系统, 它包含多个因素, 而多种因素共同作用的结果决定了区域经济增长的质量与效益. 在众多的因素中, 哪些是主要因素, 哪些是次要因素; 哪些因素对经济增长的质量与效益影响大, 哪些因素对经济增长的质量与效益影响小等, 这些都是系统分析中人们普遍关心的问题. 灰色关联分析的优点是不受样本量多少的限制, 也无须考虑各因素的权重, 计算过程比较简单, 其定量分析不会出现与定性分析不一致的矛盾.

本文采用崔杰<sup>[11]</sup>的具有稳定度的灰色关联分析模型, 改变以往将各个点关联系数简单相加取平均数作为两序列之间整体关联度的做法, 从而有效地解决了点关联系数差异较大而通过均值算法得到整体关联度相同的不合理问题以及点关联系数具有显著差异条件下关联度排序问题. 改进后的灰色关联分析计算步骤如下.

假设系统行为序列为  $X_0 = [x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)]$ ,  $X_i = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)]$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), 其中,  $X_0$  为参考数据序列,  $X_i$  为比较数据序列,  $x_i(k)$  为因素在  $k$  时刻的观测数据,  $x_i(k) > 0$  ( $k = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m$ ).

门可佩, 等. 江苏经济增长质量和效益评价模型与实证分析.

1) 对原始数据规范化处理, 得新序列:

$$X_i' = \frac{x_i(k) - \min x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)} = [x_i'(1), x_i'(2), \dots, x_i'(n)];$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, m; \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

2) 求绝对差序列, 令:  $\Delta_i(k) = |x_0'(k) - x_i'(k)|$ , 则绝对差序列为

$$\Delta_i = [\Delta_i(1), \Delta_i(2), \dots, \Delta_i(n)], \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

3) 令  $\Delta_{\max} = \max_i \max_k \Delta_i(k)$ ,  $\Delta_{\min} = \min_i \min_k \Delta_i(k)$ ;  $k = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m$ , 则比较序列和参考序列的点关联系数为

$$\gamma_{0i}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \cdot \Delta_{\max}}{\Delta_i(k) + \xi \cdot \Delta_{\max}};$$

$$k = 1, 2, \dots, n; \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

式(6)中,  $\xi \in (0, 1)$  为分辨系数, 点关联系数反映 2 个被比较序列在某一时刻的接近程度. 如在  $\Delta_{\min}$  的时刻,  $\xi = 1$ , 而在  $\Delta_{\max}$  时刻则关联系数为最小值. 因此关联系数的范围为  $0 < \gamma \leq 1$ . 在本文中, 分辨系数  $\xi$  取值为 0.5, 即各年份权重相同.

4) 求出各点关联系数序列平均值

$$\bar{\gamma}_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_{0i}(k);$$

$$k = 1, 2, \dots, n; \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (7)$$

5) 计算点关联系数序列的稳定度

$$S(\gamma_{0i}) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [\gamma_{0i}(k) - \bar{\gamma}_{0i}]^2};$$

$$k = 1, 2, \dots, n; \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (8)$$

$S(\gamma_{0i})$  为序列  $X_i$  与  $X_0$  的点关联系数序列的稳定度,  $S(\gamma_{0i})$  越小, 点关联系数序列的稳定性越好, 反之则越差.

6) 求各比较序列的灰色关联度

$$\gamma_{0i}^* = \frac{\bar{\gamma}_{0i}}{1 + S(\gamma_{0i})}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (9)$$

## 2 实证分析与计算

### 2.1 指标正向化

在多指标综合评价中, 有些指标值是越大越好, 称为正向指标; 有些是指标值越小越好, 称为逆向指标; 还有些是指标值越接近某个值越好, 称为适度指标. 在综合评价时, 首先必须将指标类型一致化, 一般是将逆向指标和适度指标转化为正向指标, 所以也称为指标的正向化. 在本文中, 对逆向指标和适度指标分别采用下式进行正向化处理:

$$x_{ij}' = \max_{1 \leq i \leq n} \{x_{ij}\} - x_{ij}, \quad (10)$$

$$x_{ij}' = \max_{1 \leq i \leq n} |x_{ij} - k| - |x_{ij} - k|. \quad (11)$$

这种线性变换不会改变指标值的分布规律,是比较好的变换方法.

表1中有5个逆向指标,分别是单位GDP能耗(X3),经济增长波动系数(X12),城镇恩格尔系数(X14),农村恩格尔系数(X15),城乡居民人均年收入比(X16).这5个逆向指标转化为正向指标结果见表2.

表2 正向化后的数据  
Table 2 Data after positive change

指标	年份					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
X1	3.35	4.06	4.74	5.57	6.52	7.37
X2	2.20	2.09	2.15	2.10	2.01	1.83
X3	0.00	0.04	0.13	0.18	0.28	0.29
X4	4.67	7.05	6.28	6.87	6.37	5.05
X5	48.18	50.50	51.90	53.20	54.30	55.60
X6	34.14	43.31	47.62	57.07	60.71	63.80
X7	3.17	4.66	7.06	11.67	16.67	22.57
X8	0.05	0.17	0.30	0.40	0.54	0.70
X9	0.07	0.10	0.13	0.17	0.21	0.23
X10	37.9	39.8	41.7	42.8	42.6	41.3
X11	23 569	24 000	24 545	24 192	27 985	35 593
X12	0.55	0.65	0.57	0.68	0.66	0
X13	2.02	2.45	2.87	3.38	3.95	4.47
X14	0	2.8	4.0	3.3	2.1	3.7
X15	0	0.2	2.4	2.6	2.9	5.0
X16	0.37	0.24	0.15	0.07	0.03	0

## 2.2 主成分-聚类分析与计算

通过SAS程序,对江苏省经济增长的质量与效益的指标进行主成分分析,得到样本相关阵的特征值,见表3.由于前2个特征值累计贡献率达到93%,大于85%的界限值,所以只取这2个主成分就能很好地概括这组数据.应用SAS程序,对前2个主成分得分进行样品聚类分析,即可得到第1和第2主成分散点图1.

表4给出第1、2主成分各分量系数.第1主成分主要反映各年的经济实力水平,它越大,说明该年经济实力越强;第2主成分主要反映各年的经济增长效益水平,它越大,说明该年经济增长效益越好.当第1、2主成分都比较大时,则说明该年经济增长质量与效益整体水平越高.

表3 样本相关阵的特征值表

Table 3 Eigenvalues of the correlation matrix

主成分	特征值	方差	方差贡献率	累计方差贡献率
1	12.02	9.12	0.75	0.75
2	2.90	2.11	0.18	0.93
3	0.79	0.54	0.05	0.98

表4 第1、2主成分各分量系数

Table 4 Parameters of prin1 and prin2

指标	第1主成分系数	第2主成分系数
X1	0.287	0.014
X2	-0.264	0.167
X3	0.278	0.078
X4	-0.005	0.536
X5	0.284	0.104
X6	0.279	0.135
X7	0.283	-0.072
X8	0.288	0.011
X9	0.283	0.059
X10	-0.203	0.401
X11	0.251	-0.281
X12	-0.178	0.428
X13	0.287	0.015
X14	0.173	0.241
X15	0.214	-0.357
X16	-0.274	-0.179

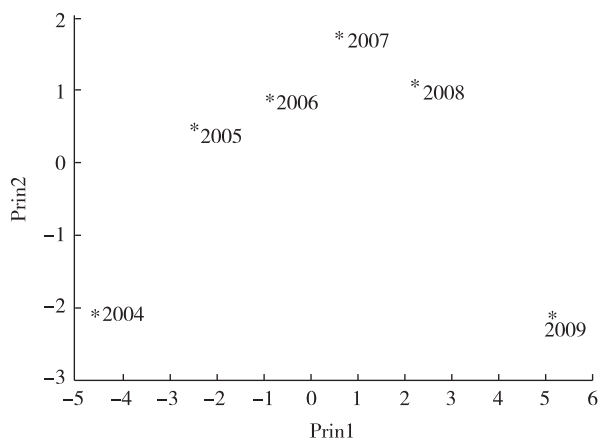


图1 第1和第2主成分散点

Fig. 1 Scatter diagram between prin1 and prin2

图1直观地反映了2004—2009年江苏省经济增长质量与效益的发展状况.从经济总量方面来看是逐年增强的,但是,仅就经济增长效益而言,2007年最好,2009年最差.2009年与前几年经济增长效

益相比,差距很大,其主要原因在于受国际金融危机的影响.只有在保证效益的情况下实现经济又好又快的增长,才能有真正意义的社会经济持续增长,故而,当务之急是努力提高江苏省经济增长的效益.

### 2.3 江苏省经济增长质量与效益的灰色关联分析

#### 1) 求关联系数

选取各年度最优指标值构成参考序列:

$$X_0 = (7.37, 2.20, 0.29, 7.05, 55.6, 63.8, 22.57,$$

$$0.70, 0.23, 42.80, 35.593, 0.13, 4.47, 3.7, 5, 0.34),$$

通过式(5)将表1中原始数据进行规范化处理,取  $\xi = 0.5$ ,经计算得关联系数矩阵(表5).

表5 关联系数矩阵

Table 5 Correlation coefficient matrix

关联系数	年份					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
$\gamma_{i1}$	0.333	0.379	0.435	0.526	0.704	1.000
$\gamma_{i2}$	1.000	0.625	0.781	0.649	0.495	0.333
$\gamma_{i3}$	0.333	0.368	0.476	0.568	0.943	1.000
$\gamma_{i4}$	0.333	1.000	0.610	0.862	0.633	0.333
$\gamma_{i5}$	0.333	0.420	0.500	0.610	0.735	1.000
$\gamma_{i6}$	0.333	0.420	0.476	0.685	0.833	1.000
$\gamma_{i7}$	0.333	0.352	0.385	0.472	0.625	1.000
$\gamma_{i8}$	0.333	0.379	0.446	0.521	0.667	1.000
$\gamma_{i9}$	0.333	0.382	0.446	0.575	0.806	1.000
$\gamma_{i10}$	0.333	0.450	0.694	1.000	0.930	0.617
$\gamma_{i11}$	0.333	0.342	0.352	0.345	0.442	1.000
$\gamma_{i12}$	0.333	0.467	0.355	0.538	0.490	0.333
$\gamma_{i13}$	0.333	0.379	0.435	0.532	0.704	1.000
$\gamma_{i14}$	0.333	0.676	0.862	0.820	0.538	1.000
$\gamma_{i15}$	0.333	0.342	0.490	0.510	0.543	1.000
$\gamma_{i16}$	1.000	0.568	0.435	0.362	0.333	0.333

再依式(7)计算,即得各比较序列关联系数的均值为

$$\bar{\gamma}_{01} = 0.414, \quad \bar{\gamma}_{02} = 0.473, \quad \bar{\gamma}_{03} = 0.510,$$

$$\bar{\gamma}_{04} = 0.598, \quad \bar{\gamma}_{05} = 0.651, \quad \bar{\gamma}_{06} = 0.811.$$

#### 2) 由式(8)计算各比较序列的稳定度

$$S(\gamma_{01}) = 0.222, \quad S(\gamma_{02}) = 0.169,$$

$$S(\gamma_{03}) = 0.145, \quad S(\gamma_{04}) = 0.169,$$

$$S(\gamma_{05}) = 0.168, \quad S(\gamma_{06}) = 0.287.$$

#### 3) 由式(9)可求出各比较序列灰色关联度

$$\gamma_{01}^* = 0.339, \quad \gamma_{02}^* = 0.404, \quad \gamma_{03}^* = 0.446,$$

$$\gamma_{04}^* = 0.511, \quad \gamma_{05}^* = 0.557, \quad \gamma_{06}^* = 0.630.$$

本文采用关联度值作为经济增长和效益指数,

它可以在整体上综合刻画经济增长质量与效益状况,其值越大,说明该比较序列与标准序列接近程度越大,即说明该年度经济增长质量与效益总体情况越好.图2为2004—2009年江苏省经济增长质量和效益发展状况曲线,可见,江苏省各年度经济增长质量与效益总体情况由差到好依次为:2004,2005,2006,2007,2008,2009年,即整体呈现逐年趋好的态势.

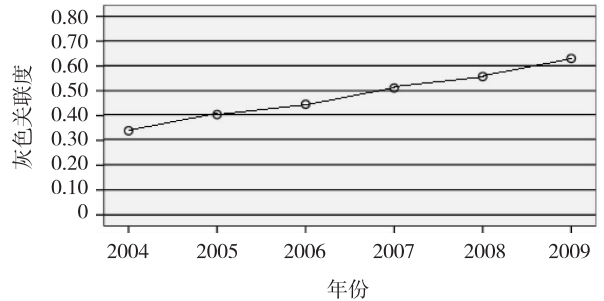


图2 2004—2009年江苏省经济增长质量和效益发展曲线

Fig.2 Development relational curve of economic growth quality and efficiency of Jiangsu during 2004—2009

### 3 结束语

综上所述可知,2004—2009年,江苏省在经济总量上虽是逐年增强,但就经济增长质量效益而言,发展却不够稳定平衡,2007年最好,2009年最差.转变经济发展方式是事关经济发展质量和效益、事关江苏省经济的国际竞争力和抵御风险能力、事关经济社会可持续协调发展的重大战略问题.当前,需要深刻领会和认真贯彻中央关于加快经济发展方式转变的战略思路和决策部署,着眼于增强发展的均衡性、协调性、可持续性,打好转变经济发展方式这场硬仗,努力实现经济社会又好又快发展.

### 参考文献

#### References

[1] 李变花. 经济增长质量评价指标体系的设置[J]. 统计与决策, 2004(1): 25-27  
 LI Bianhua. Construction of statistical index system for evaluating the quality of economic growth [J]. Statistics and Decision, 2004(1): 25-27

[2] 邓小红, 罗浩. 中部六省经济增长质量的实证分析[J]. 金融与经济, 2008(12): 59-63  
 DENG Xiaohong, LUO Hao. Empirical analysis on the quality of economic growth of six provinces in central China [J]. Finance and Economy, 2008(12): 59-63

- [ 3 ] 江苏省统计局. 江苏统计年鉴(2005—2010)[M]. 北京:中国统计出版社,2005—2010  
Jiangsu Statistical Bureau. Jiangsu statistical yearbook (2005—2010) [M]. Beijing: China Statistics Press, 2005—2010
- [ 4 ] 江苏省统计局. 江苏省第1次全国经济普查主要数据公报[EB/OL]. (2007-03-02)[2011-03-20]. <http://www.jssb.gov.cn/jstj/>  
Jiangsu Statistical Bureau. Bulletin of main data of the first national economy census in Jiangsu province [EB/OL]. (2007-03-02). <http://www.jssb.gov.cn/jstj/>
- [ 5 ] 江苏省统计局. 江苏省第2次全国经济普查主要数据公报[EB/OL]. (2010-01-02)[2011-03-20]. <http://www.jssb.gov.cn/jstj/>  
Jiangsu Statistical Bureau. Bulletin of main data of the first national economy census in Jiangsu province [EB/OL]. (2010-01-02). <http://www.jssb.gov.cn/jstj/>
- [ 6 ] 吴诚鸥,秦伟良. 近代实用多元统计分析[M]. 北京:气象出版社,2007  
WU Chengou, QIN Weiliang. Modern practical multivariate statistics analysis [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007
- [ 7 ] 王学民. 对主成分分析中综合得分方法的质疑[J]. 统计与决策, 2007(8): 31-32  
WANG Xuemin. Questioning on the synthetic score method in principal component analysis [J]. Statistics and Decision, 2007(8): 31-32
- [ 8 ] 徐雅静,汪远征. 主成分分析应用方法的改进[J]. 数学的实践与认识, 2006, 36(6): 68-75  
XU Yajing, WANG Yuanzheng. The improvement of the application method of principal component analysis [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2006, 36(6): 68-75
- [ 9 ] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2002  
DENG Julong. Grey theory basis [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2002
- [ 10 ] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 3版. 北京:科学出版社, 2004  
LIU Sifeng, DANG Yaoguo, FANG Zhigeng, et al. Grey system theory and its application [M]. 3rd Ed. Beijing: Science Press, 2004
- [ 11 ] 崔杰. 点关联系数有显著差异下灰色关联分析模型的改进[J]. 统计与决策, 2008(24): 4-6  
CUI Jie. The improvement of grey relational analysis model with significant difference in point relational coefficients great difference [J]. Statistics and Decision, 2008(24): 4-6

## Evaluation model and empirical analysis on the economic growth quality and efficiency of Jiangsu province

MEN Kepei<sup>1</sup> TANG Shasha<sup>1</sup> ZHAO Kai<sup>1</sup> ZHU Shudan<sup>1</sup>

1 College of Mathematics & Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

**Abstract** With the changing of the road of development, the quality and efficiency of economic growth have become a hot issue. Based on the connotation of economic growth quality and efficiency, combined with the economic condition of Jiangsu province, this paper establishes a comprehensive evaluation index system formed by seven secondary indices and sixteen three-level indicators. The principal component-cluster analysis and the improved grey relational analysis method are employed to analyze empirically the quality of economic development in Jiangsu province. The results show that the quality and effectiveness of the annual economic growth in Jiangsu province was getting better year by year during 2004—2009. Yet, the relatively low effectiveness existed in economic development poses great challenge for Jiangsu province, which must be addressed properly to ensure a sustainable and steady economy.

**Key words** economic growth quality and efficiency; evaluation index system; principal component-cluster analysis; improved grey relational analysis