

徐沛勳¹ 姚天祥¹

基于灰色定权聚类的江苏省工业节能减排评价研究

摘要

采用灰色定权聚类分析法,对江苏省近年来的工业节能减排情况进行评价.结果表明:2000年以及2009—2011年的节能减排效果较好,2002—2008年的节能减排效果一般,2001年的节能减排效果较差.另外,还结合各项指标对评价结果进行分析,并有针对性地提出有关江苏省节能减排措施的建议.

关键词

节能减排;江苏省;灰色定权聚类;评价

中图分类号 F062.2

文献标志码 A

收稿日期 2013-09-07

资助项目 国家自然科学基金(71171116,71271226);教育部人文社会科学青年基金(09YJC630129)

作者简介

徐沛勳,男,主要研究方向为灰色系统理论.798758328@qq.com

姚天祥(通信作者),男,博士,副教授,主要研究方向为灰色系统理论.ytxnj@163.com

¹ 南京信息工程大学 经济管理学院,南京,210044

0 引言

近年来我国经济不断发展,2012年的GDP总量已高达51.9322万亿元,与此同时,环境问题也变得越来越严重.数据显示,2011年全国的工业废水排量230.9亿t,工业废气排量674.509亿m³,工业固体废物排量32.3亿t,2012年我国废水排放量更是高达684.6亿t,其他污染排放指标也居高不下.江苏作为我国工业强省,2012年的GDP达5.4万亿元,位居全国第二,其SO₂排量、工业固体废物排量和废水排量分别为99.2万t、10189.4万t和58.84亿t,分别占全国的4.68%、3.1%和8.59%,对全国环境状况产生巨大影响.因此,江苏省的节能减排对全国生态文明建设有着重要意义.

目前,国外已有许多专家对节能减排进行了深入研究,例如Miller等^[1]采用投入产出法,针对环境和能源使用问题,定量分析了行业活动中能源投入与污染物排放的关系,并提出了相关的产业调整政策,Worrell等^[2]研究了政府及其实行的相关政策对节能减排产生的重要作用.国内学者也对节能减排进行了广泛的研究,如陈诗一^[3]利用方向性距离函数的动态行为分析模型,对2009—2049年我国工业节能减排损失和收益进行了模拟分析,认为从长期来看节能减排将促进环境和我国工业的双赢发展,夏炎等^[4]采用减排成本评估的投入产出-计量优化组合模型,对我国减排成本曲线的动态化进行了研究,提出了非等量递增的碳减排策略,顾英伟等^[5]通过DEA超效率模型对辽宁省节能减排的效率进行了研究,结果表明除大连和葫芦岛外,近几年该省其他地区的节能减排效率都较差,徐梦洁等^[6]全面分析了江苏省节能减排与经济耦合关系,并指出了江苏省节能减排存在的问题和工作重点,王迪等^[7]基于Laspeyres指数完全分解技术对经济增长、能源消费结构、能源技术提升、产业结构变动等因素对江苏省节能减排的影响进行了研究.

本文在灰色定权聚类模型的基础上,结合具体指标,从全新的评价角度对江苏省近年来的工业节能减排进行研究,并对研究结果进行分析,这不仅有利于江苏省节能减排政策的实施和改进,也丰富了有关江苏省节能减排评价的研究内容.

1 江苏省工业环境现状与治理情况

1.1 江苏省工业环境现状

作为一个工业大省,近年来江苏省地区生产总值连跨3个万亿元台阶,2012年达5.4万亿元,同比增长10.1%,然而其高投入、高消耗的经济增长模式不可避免地导致了较为严重的环境危机.虽然近年来在环境保护方面做了不少工作,显现出了一些成绩,但目前环境污染问题仍较为严重.《2012年江苏省环境公报》显示,江苏省工业污染情况不一,污染物排放复杂,这导致了环境监督和监测的工作量很大.下面从废水排放、废气排放、固体废弃物排放和能源消耗4个方面对江苏省2012年的工业环境状况进行具体分析.

1.1.1 废水排放

2012年江苏省废水排放总量约58.84亿t,同比减少了0.57%,其中工业废水排放量为23.52亿t,占总量的39.97%,与2011年相比减少了5.7%.因此,从总体上看,2012年的废水排放量有所减少,水环境恶化情况得到缓解.

1.1.2 废气排放

2012年江苏省的空气质量有所改善,但总体情况仍不乐观,且主要由工业污染造成.具体来看,全省SO₂排放总量达99.2万t,比2011年减少了6.2万t,而工业源SO₂排放为95.75万t,占总量的96.52%;废气中的氮氧化物排放总量达147.96万t,与2011年相比减少5.6万t,其中工业源氮氧化物排放为113.36万t,占总量的76.62%;烟(粉)尘排放总量为43.86万t,其中工业源排放烟(粉)尘有39.59万t,占总量的90.26%.

1.1.3 固体废弃物排放

2012年江苏省一般工业固体废物产生量为10189.4万t,同比降低了2.73%;综合利用量为9081.1万t,同比降低了9.16%.故全省固体废物排放量有所减少,但数量仍然很大.

1.1.4 能源消耗

2012年江苏省能源消耗总量达2.9万亿t(以标煤计,下同),以5%的能源消费增速,支撑10.1%的GDP增长,能源供给稳定,而全年的煤炭消耗量达2.8万亿t,比2011年增加了约500万t,同比增长了1.82%.

1.2 江苏省工业环境保护与治理情况

江苏省从主要污染物减排、流域区域污染防治、城乡生态环境保护、政策科技创新、环境监测与

信息、环境执法监督管理、宣传教育和国际交流7个方面着手,努力实现节能减排的目标.通过努力,2012年江苏省废水排放量减少了0.57%,化学需氧量、氨氮、SO₂和氮氧化物分别较上年同比削减3.94%、2.56%、5.86%和3.66%,工业固体废物降低了2.73%,均完成了年度减排目标任务,而煤炭利用率也在一定程度上得到了提高.因此,整体上看,2012年全省顺利完成年度减排任务,环境质量保持稳定,为全面建成小康社会、开启基本现代化建设奠定了良好的环境基础.

2 模型与指标体系的构建

2.1 灰色定权聚类模型的构建

设有 n 个聚类对象, m 个聚类指标, s 个不同灰类,根据第 $i(i=1,2,\dots,n)$ 个对象关于 $j(j=1,2,\dots,m)$ 指标的样本值($i=1,2,\dots,n;j=1,2,\dots,m$),将第 i 个对象归入第 $k(k \in \{1,2,\dots,s\})$ 个灰类之中,称为灰色聚类^[8].

将 n 个对象关于指标 j 的取值相应地分为 s 个灰类,称之为 j 指标子类, j 指标 k 子类的白化权函数记为 $f_j^k(\cdot)$.

设 j 指标 k 子类的白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ 为图1所示的典型白化权函数,则称 $x_j^k(1)$ 、 $x_j^k(2)$ 、 $x_j^k(3)$ 、 $x_j^k(4)$ 为 $f_j^k(\cdot)$ 的转折点.

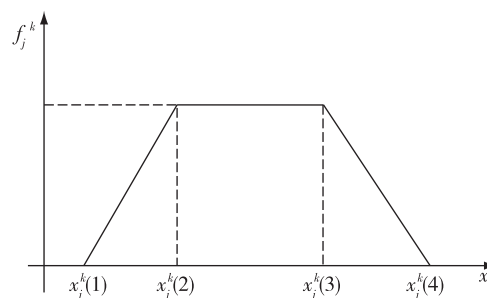


图1 典型白化权函数

Fig. 1 A typical whitenization function

典型的白化权函数记为 $f_j^k[x_j^k(1), x_j^k(2), x_j^k(3), x_j^k(4)]$.对于图1所示的白化权函数如下:

$$f_j^k(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [x_j^k(1), x_j^k(4)], \\ \frac{x - x_j^k(1)}{x_j^k(2) - x_j^k(1)}, & x \in [x_j^k(1), x_j^k(2)], \\ 1, & x \in [x_j^k(2), x_j^k(3)], \\ \frac{x_j^k(4) - x}{x_j^k(4) - x_j^k(3)}, & x \in [x_j^k(3), x_j^k(4)]. \end{cases}$$

若白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ 无第 1 和第 2 个转折点 $x_j^k(1)$ 、 $x_j^k(2)$, 则称 $f_j^k(\cdot)$ 为下限测度白化权函数, 记为 $f_j^k[-, -, x_j^k(3), x_j^k(4)]$; 若白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ 第 2 和第 3 个转折点 $x_j^k(2)$ 和 $x_j^k(3)$ 重合, 则称 $f_j^k(\cdot)$ 为适中测度白化权函数, 记为 $f_j^k[x_j^k(1), x_j^k(2), -, x_j^k(4)]$; 若白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ 无第 3 和第 4 个转折点 $x_j^k(3)$ 和 $x_j^k(4)$, 则称 $f_j^k(\cdot)$ 为上限测度白化权函数, 记为 $f_j^k[x_j^k(1), x_j^k(2), -, -]$ [9].

若 j 指标 k 子类的权 $\eta_j^k (j=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, s)$ 与 k 无关, 即对任意的 $k_1, k_2 \in \{1, 2, \dots, s\}$, 总有 $\eta^{k_1} = \eta^{k_2}$, 则可将 η_j^k 的上标 k 略去, 记为 $\eta_j (j=1, 2, \dots, m)$, 并称 $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j$ 为对象 i 属于 k 灰类的灰色定权聚类系数.

根据灰色定权聚类系数的值对聚类对象进行归类, 称为灰色定权聚类, 具体步骤如下:

1) 给出 j 指标 k 子类白化权函数 $f_j^k(\cdot) (j=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, s)$;

2) 根据定性分析结论确定各指标的聚类权 $\eta_j^k (j=1, 2, \dots, m)$;

3) 根据 1) 和 2) 得出的白化权函数 $f_j^k(\cdot) (j=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, s)$, 聚类权 $\eta_j^k (j=1, 2, \dots, m)$, 以及对象 i 关于 j 指标的样本值 $x_{ij} (j=1, 2, \dots, m)$, 算出灰色定权聚类系数为 $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j (i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, s)$;

4) 若 $\max_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$, 则称对象 i 属于灰类 k^* [10].

2.2 江苏省节能减排评价指标体系的构建

节能减排评价体系的设计必须遵循综合性、科学性、可比性、可操作性、系统性、全面性和实用性的原则. 评价体系的指标构成应尽量少而精, 在突出重点的同时也要能反映实际情况. 工业节能减排的情况主要从 3 个方面得到体现, 即能源消耗、污染物排放和污染治理. 根据实际情况和理论要求, 下面分别选取相应指标将这 3 个方面进行量化.

2.2.1 能源消耗

对于能源消耗, 本文选取煤炭消费量和能源消耗总量进行反映. 煤炭是目前最基础的能源, 消耗量巨大, 对环境的影响最大, 用其来反映能源消耗情况极具代表性; 能源消耗总量是一定时期各种能源的消耗总和, 是观察能源消费水平、构成和增长速度的总量指标, 可综合反映能源消耗情况.

2.2.2 污染物排放

污染物排放包括废气、废水、固体废物排放 3 个方面. 本文选取 SO_2 排放量反映废气排放状况. SO_2 排放量大多源于工业, 且是工业废气排放的重要项目, 在工业废气中所占比重极大, 故可直接用其来代表工业废气排放状况. 用工业废水排放总量来反映废水排放状况. 工业废水排放总量越大, 则该地区的节能减排效果越低. 选择工业固体废物产生量来反映固体废物排放状况. 工业固体废物产生量是指企业在生产过程中产生的固体废弃物的总量, 可综合反映工业固体废物的排放情况.

2.2.3 污染治理

与污染物排放相似, 污染治理也包括废气、废水、固体废物治理 3 个方面, 分别用 SO_2 去除总量、工业废水排放达标量、工业固体废物综合利用量来反映. 工业 SO_2 去除量是指企业的 SO_2 经治理设施处理所去除的 SO_2 量之和, 其占 SO_2 排放总量的比重近似反映废气的治理程度, 直接关系到工业废气排放对环境的影响. 工业废水排放达标量指各项指标都达到国家或地方排放标准的外排工业废水量, 可直接体现废水治理的情况. 工业固体废物综合利用量指通过多种方式, 从固体废物中提取或者使其转化为可以利用的能源、资源和其他原材料的固体废物量, 可从总体上反映固体废物的治理程度.

3 实证分析

节能减排情况的评价指标多, 指标量纲不一, 而灰色定权聚类评估模型的研究对象是“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 [11], 故本文采用灰色定权聚类分析法. 根据数据的可得性和研究的需要, 选取《中国统计年鉴》、《江苏省统计年鉴》和《江苏省环境公报》中 2000—2011 年的有关能源消耗和工业“三废”排放的数据进行灰色分析, 来评价江苏省近年来节能减排的成效, 其具体数据如表 1 所示.

第 1 步, 确定评价灰色类和白化权函数. 根据评估需要, 本文将评价等级分为较好、一般、较差, 分别对应灰类 1、灰类 2、灰类 3. 相应地, 本文将每一个评价指标也分为 3 类, 第 1 类为较好, 第 2 类为一般, 第 3 类为较差, 分别对应 $k=1$ 、 $k=2$ 和 $k=3$. 于是, 第 j 个指标的第 k 类白化权函数 $f_j^k(\cdot) (j=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; k=1, 2, 3)$ 分别取为 $f_1^1[-, -, 8\ 000, 10\ 000]$, $f_2^1[-, -, 10\ 000, 18\ 000]$, $f_3^1[-, -, 5, 95]$, $f_4^1[-, -,$

表 1 2000—2011 年江苏省工业节能减排指标数据

Table 1 Data of industrial energy conservation and emission reduction in Jiangsu Province during 2000—2011

年份	煤炭消费量/ 万 t	能源消耗 总量/万 t	SO ₂ 排放量 /万 t	工业固体废物 产生量/万 t	工业废水 排放总量/ 亿 t	SO ₂ 去除 总量/万 t	工业废水达 标排放量/ 亿 t	工业固体废物 综合利用率/ 万 t
2000	8 612.43	8 612.43	89.05	3 038.19	20.19	18.72	18.57	2 598.40
2001	8 901.06	10 911.21	108.76	3 553.00	27.10	22.69	25.46	3 231.00
2002	10 056.44	9 608.60	111.97	3 796.00	26.30	27.40	25.20	3 464.23
2003	11 542.66	11 060.68	124.07	3 893.70	24.75	33.22	24.18	3 861.05
2004	14 260.59	13 651.69	123.99	4 672.53	26.35	47.93	25.62	4 596.36
2005	16 490.60	17 167.39	137.34	5 757.37	29.63	73.29	28.89	5 986.51
2006	17 750.78	18 742.19	130.38	7 195.04	28.72	103.68	28.05	6 966.17
2007	20 000.28	20 948.04	121.80	7 354.22	26.88	149.23	26.17	7 259.30
2008	21 487.96	22 232.23	113.03	7 843.48	25.93	177.22	25.39	7 743.42
2009	22 323.72	23 709.28	107.41	8 027.81	26.74	185.55	25.72	7 862.25
2010	24 786.52	25 773.70	105.05	9 063.83	26.38	215.78	25.87	8 760.59
2011	27 509.83	27 588.97	105.38	10 475.50	24.96	225.37	27.80	9 997.24

3 500, 5 500], $f_1^5[-, -, 21, 22]$, $f_1^6[150, 220, -, -]$, $f_1^7[27, 28.5, -, -]$, $f_1^8[7 000, 8 500, -, -]$; $f_2^1[11 000, 16 000, -, 21 000]$, $f_2^2[18 000, 22 000, -, 26 000]$, $f_2^3[95, 97.5, -, 100]$, $f_2^4[5 000, 6 000, -, 7000]$, $f_2^5[20, 25, -, 28]$, $f_2^6[30, 90, -, 150]$, $f_2^7[15, 22.5, -, 27]$, $f_2^8[4 000, 5 500, -, 7 000]$; $f_3^1[21 000, 27 000, -, -]$, $f_3^2[26 000, 31 000, -, -]$, $f_3^3[100, 170, -, -]$, $f_3^4[7 000, 8 500, -, -]$, $f_3^5[28, 29, -, -]$, $f_3^6[-, -, 1, 30]$, $f_3^7[-, -, 16.5, 18]$, $f_3^8[-, -, 3 000, 4 000]$.

第 2 步,采用专家调查法,根据调查结果将煤炭消费量、能源消耗总量、SO₂ 排放量、工业固体废物产生量、工业废水排放总量、SO₂ 去除总量、工业废水排放达标量、工业固体废物综合利用量的权分别定为 $\eta_1 = 0.05$, $\eta_2 = 0.1$, $\eta_3 = 0.15$, $\eta_4 = 0.05$, $\eta_5 = 0.15$, $\eta_6 = 0.2$, $\eta_7 = 0.15$, $\eta_8 = 0.15$.

第 3 步,计算灰类定权聚类系数. 设 σ_i^k 为第 i ($i = 1, 2, \dots, 12$) 年第 k ($k = 1, 2, 3$) 类的定权聚类系数, σ_i 为第 i 年的整体聚类系数. 由 $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j$, $i = 1, 2, 3, \dots, 12$; $\kappa = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ 可得:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= [\sigma_1^1, \sigma_1^2, \sigma_1^3] = [0.3446, 0.0771, 0.2278], \\ \sigma_2 &= [\sigma_2^1, \sigma_2^2, \sigma_2^3] = [0.1648, 0.0963, 0.1845], \\ \sigma_3 &= [\sigma_3^1, \sigma_3^2, \sigma_3^3] = [0.1426, 0.1450, 0.1239], \\ \sigma_4 &= [\sigma_4^1, \sigma_4^2, \sigma_4^3] = [0.1269, 0.2527, 0.0724], \\ \sigma_5 &= [\sigma_5^1, \sigma_5^2, \sigma_5^3] = [0.0750, 0.2805, 0.0514], \\ \sigma_6 &= [\sigma_6^1, \sigma_6^2, \sigma_6^3] = [0.1604, 0.3286, 0.2300], \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_7 &= [\sigma_7^1, \sigma_7^2, \sigma_7^3] = [0.1050, 0.2088, 0.1796], \\ \sigma_8 &= [\sigma_8^1, \sigma_8^2, \sigma_8^3] = [0.0259, 0.1699, 0.0585], \\ \sigma_9 &= [\sigma_9^1, \sigma_9^2, \sigma_9^3] = [0.1521, 0.2514, 0.0601], \\ \sigma_{10} &= [\sigma_{10}^1, \sigma_{10}^2, \sigma_{10}^3] = [0.1878, 0.1629, 0.0612], \\ \sigma_{11} &= [\sigma_{11}^1, \sigma_{11}^2, \sigma_{11}^3] = [0.3379, 0.1243, 0.0924], \\ \sigma_{12} &= [\sigma_{12}^1, \sigma_{12}^2, \sigma_{12}^3] = [0.4300, 0.1488, 0.1433]. \end{aligned}$$

第 4 步,判断对象所属的灰类. 根据 $\max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$ 可得:

$$\begin{aligned} \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_1^k\} &= \sigma_1^1 = 0.3446, \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_2^k\} = \sigma_2^3 = 0.1845, \\ \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_3^k\} &= \sigma_3^2 = 0.1450, \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_4^k\} = \sigma_4^2 = 0.2527, \\ \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_5^k\} &= \sigma_5^2 = 0.2805, \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_6^k\} = \sigma_6^2 = 0.3286, \\ \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_7^k\} &= \sigma_7^2 = 0.2088, \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_8^k\} = \sigma_8^2 = 0.1699, \\ \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_9^k\} &= \sigma_9^2 = 0.2514, \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_{10}^k\} = \sigma_{10}^1 = 0.1878, \\ \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_{11}^k\} &= \sigma_{11}^1 = 0.3379, \max_{1 \leq k \leq 3} \{\sigma_{12}^k\} = \sigma_{12}^1 = 0.4300, \end{aligned}$$

可知属于灰类 1 的对象有 1、10、11 和 12,属于灰类 2 的对象有 3、4、5、6、7、8 和 9,属于灰类 3 的对象有 2. 所以,2000 年和 2009—2011 年的节能减排成效较好,2002—2008 年的节能减排成效一般,2001 年的节能减排成效较差.

从具体指标来看,2001 年的能源消耗和“三废”排放情况与前一年相比都有大幅度的增加,尤其是工业废水排放已超过 27 亿 t,接近 10 多年来的最高排放量(29 亿 t),另外,该年工业节能减排情况较差的另一个主要原因是治理力度不够,其 SO₂ 去除量、工业固体废物综合利用量和工业废水达标量都是这

些年较少的,这与其高能耗、高排放的情况完全不协调,故总体情况较差。2001—2008年的各项指标量都处于所研究年份各指标的中间位置,且部分年份的部分污染物排放量逐渐减少,同时,由表1中的数据可以看出,治理力度的增率要较大于污染量的增率,所以这几年的节能减排总体成效要比2001年好很多。在几个较好的年份中,2000年的“三废”治理量虽最少,但其能耗和“三废”排放量也是最少的,且治理对环境的积极作用要大于污染的消极作用,故节能减排的总体情况较好;2009—2011年这3年的能源消耗量、工业固体废物产生量和工业废水排放量都较多,但这都是该阶段经济发展的客观结果,并不能因此说明其总体情况的好坏,此外,SO₂排放量却与前几年相比大幅下降,而SO₂去除量又明显增多,工业固体废物综合利用量也有所增加,由此可见,在本研究的最近几年中,江苏省既在努力减少污染物,又在不断加大污染治理力度,二者同时并进,且成效明显,因此节能减排成效较好。

4 结语

本文采用灰色定权聚类模型,对江苏省21世纪初工业节能减排的主要指标进行实证分析,并对研究年份的节能减排工作成效进行了评价。结果表明,2000年以来,江苏省工业节能减排的总体情况呈好转趋势。从具体指标来看,虽然煤炭等能源的消耗总量和工业“三废”的排放量总体呈增长趋势,但其治理力度和达标量也在不断加大,故工业环境的总体状况是在不断好转的。

当然,为了更好地落实节能减排工作,加大其成效,江苏省仍需进一步努力。第一,针对能源消耗量的迅猛增加问题,政府和企业都要加大技术创新力度,组织研发可替代的清洁能源,从而将能耗控制在一定的范围之内^[12];第二,表1数据显示,SO₂排放量和工业废水排放量都从增长趋势逐渐变为减少趋势,而工业固体废物产生量始终呈增长趋势,这就需要有关部门和单位采取一定的措施,如合理选择原材料、采用先进的生产设备、减少工业废渣的任意排放等,以减少固体废物的产量,从而促进减排整体效果的好转;第三,有效的环境治理始终是节能减排的一个主要途径,工业企业应努力扩大其SO₂的去除总量、工业废水排放的达标量和工业固体废物的综合利用量等指标,从而缓解环境压力,促进节能减排工作的进行。

参考文献

References

- [1] Miller R E, Blair P D. Input-output analysis: Foundations and extensions [M]. Englewood Cliffs, N J: Prentice-Hall, 1985: 200-227
- [2] Worrell Ernst, Price L. Policy scenarios for energy efficiency improvement in industry [J]. Energy Policy, 2001, 29(14): 1223-1241
- [3] 陈诗一. 节能减排与中国工业的双赢发展: 2009—2049 [J]. 经济研究, 2010, 45(3): 129-143
CHEN Shiyi. Energy-save and emission-abate activity with its impact on industrial win-win development in China: 2009—2049 [J]. Economic Research Journal, 2010, 45(3): 129-143
- [4] 夏炎, 范英. 基于减排成本曲线演化的碳减排策略研究 [J]. 中国软科学, 2012(3): 12-22
XIA Yan, FAN Ying. Study on emission reduction strategy based on evolutive CO₂ abatement cost curve [J]. China Soft Science, 2012(3): 12-22
- [5] 顾英伟, 黄斌. 基于 DEA 超效率模型的辽宁省节能减排效率研究 [J]. 沈阳工业大学学报: 社会科学版, 2013, 6(2): 141-145
GU Yingwei, HUANG Bin. Research on efficiency of energy conservation and emission reduction in Liaoning province based on DEA super-efficiency model [J]. Journal of Shenyang University of Technology: Social Science Edition, 2013, 6(2): 141-145
- [6] 徐梦洁, 吴韦丽, 陈慧中, 等. 江苏省节能减排战略研究 [J]. 环境科技, 2009, 22(1): 59-63
XU Mengjie, WU Weili, CHEN Huizhong, et al. Study on strategies of energy saving and emission reduction in Jiangsu province [J]. Environmental Science and Technology, 2009, 22(1): 59-63
- [7] 王迪, 聂锐. 江苏省节能减排影响因素及其效应比较 [J]. 资源科学, 2010, 32(7): 1252-1258
WANG Di, NIE Rui. Analysis and comparison of influencing factors on energy saving and CO₂ reductions for Jiangsu province [J]. Resources Science, 2010, 32(7): 1252-1258
- [8] 刘思峰, 党耀国, 方志耕, 等. 灰色系统理论及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 105-145
LIU Sifeng, DANG Yaoguo, FANG Zhigeng, et al. Grey system theory and its application [M]. Beijing: Science Press, 2010: 105-145
- [9] 刘渝妍. 基于灰色定权聚类的软件质量评价模型研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(5): 177-180
LIU Yuyan. Research of a software quality evaluation model based on grey fixed weight cluster [J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2008, 30(5): 177-180
- [10] 游中胜, 曾波. 基于灰色定权聚类的我国自然科学基金资助地区的聚类分析 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012, 37(3): 124-127
YOU Zhongsheng, ZENG Bo. Clustering analysis of assistant regions of natural science foundation of China based

- on grey fixed weight clustering[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition, 2012, 37(3): 124-127
- [11] 王淑英. 基于灰色定权聚类的河南省农业现代化发展水平评价[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45(4): 487-492
WANF Shuying. Evaluation on agriculture modernization level of Henan province based on the fixed weight grey clustering method[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2011, 45(4): 487-492
- [12] 宁继光. 江苏节能减排现状分析与建议[J]. 江苏科技信息, 2009(8): 7-9
NING Jiguang. Analysis and recommendation on the energy conservation and emission reduction in Jiangsu province[J]. Jiangsu Science & Technology Information, 2009(8): 7-9

Research of industrial energy conservation and emission reduction in Jiangsu province based on grey fixed weight cluster

XU Peiji¹ YAO Tianxiang¹

¹ School of Economics and Management, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract Recently, the contradiction between energy, environment and economic development has become more and more prominent, hence the research on energy conservation and emission reduction is becoming more and more significant. By employing the analysis method of grey fixed weight cluster, this paper carries on the performance assessment of industrial energy conservation and emission reduction in Jiangsu province in recent years. The result shows that notable achievements have been made in year 2000, 2009, 2010 and 2011, while a fairly good job has been done in the years of 2002—2008, and at the bottom of the list is the performance in year 2001. In addition, with the combination of each indicator, this paper analyzes the causes of the result, and puts forward some relevant measures for the improvement of Jiangsu provincial energy conservation and emission reduction work.

Key words energy conservation and emission reduction; Jiangsu province; grey fixed weight cluster; appraisal