

# 基于灰色关联分析法对能源的合理配置

谢钱姣, 陆玉玲, 杨鹏辉\*, 李德政

(安徽财经大学统计与应用数学学院, 安徽 蚌埠 233030)

**摘要:**目的:研究能源分配在实际中运用的问题。方法:结合MATLAB、SPSS、EXCEL等软件,建立聚类分析、灰色关联分析、多元逐步回归、组合选择等模型,研究得出了城市工业企业发展水平和能源总量控制下的最优能源分配方案。结果:轻工业及其他、机械和设备制造、金属制造、电力燃气及水生产、采矿及制造业、化工的灰色关联度分别为0.6409、0.5179、0.4670、0.4858、0.5451、0.7778。结论:能源分配在总能耗下降时,需要增加轻工业等低能耗产业,减少金属制造等高能耗产业;在能耗总量下降、现价产值上升时,需要增加轻工业及其他和化工的能源,减少其他行业的能源。

**关键词:**能源;灰色关联分析;多元回归;组合选择;MATLAB

**中图分类号:**F426.2;F224 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2017)02-0021-05

## Rational Allocation of Energy Based on the Grey Correlation Analysis

XIE Qian-jiao, LU Yu-jing, YANG Peng-hui, LI De-zheng

(School of Statistics and Applied Mathematics, Anhui Anhui University of Finance Economics University, Bengbu, Anhui 233030, China)

**Abstract:** This paper studies the application of energy allocation in actual use by clustering analysis, grey correlation analysis, multivariate stepwise regression and the portfolio selection model, using MATLAB, SPSS and EXCEL software to solve the problems. From these researches, the best way of energy allocation of the urban industrial enterprise development level is found. It is showed that light industry and other, machinery and equipment manufacturing, metal manufacturing, power gas and water production, mining and manufacturing, chemical gray correlation degrees were 0.6409, 0.5179, 0.4670, 0.4858, 0.5451, and 0.7778. When the total energy consumption is reduced, it is necessary to increase the low energy consumption industries such as light industry and reduce the high energy consumption industries such as metal manufacturing. When the total energy consumption is reduced and the current value of output is increased, it is necessary to increase the energy of light industry and other chemical industries and reduce the energy of other industries.

**Keywords:** energy, grey correlation analysis, multiple stepwise regressions, portfolio choice, MATLAB

能源是人类生存和生产的重要物质基础,过度的能源消耗会破坏资源和环境,不利于经济的可持续发展。减少高能耗行业能耗水平,对能源进行合理配置是必须思考的问题。我国5大物质生产部门中,工业是能源消耗最大的部门,国家十三五发展规划<sup>[1]</sup>中明确提出了要控制能源的消费。对工业企业来说,能源消耗对工业企业的产值、利税<sup>[2]</sup>等具有直接的影响,同时工业企业的自身发展也有利于社会稳定。所以,要在控制能源消耗总量的条件下,为工业企业合理配置能源。这不仅使工业企业充

分利用能源获得较高的产值和利税,还可以促进经济的可持续发展,促进资源节约型、环境友好型社会的建设。

### 1 数据来源及模型假设

本文研究的课题及相关数据来源于2016年五一数学建模联赛。为了便于解决和研究问题,提出以下几条假设:(1)所有数据来源真实可靠,不含人为修改或虚报数据;(2)所选取的经济指标能基本反映出所对应的因素;(3)不考虑工业行业的经营情况

收稿日期:2016-12-26

基金项目:国家自然科学基金(1131011);国家级大学生创新训练计划(201510378470);安徽财经大学科研项目:数学建模竞赛引领大学生科研创新的研究(acjyzd201429)。

作者简介:谢钱姣(1996—),女,安徽芜湖人,本科在读,研究方向:数学与应用数学。\*为通信作者。

对能源消耗的影响。

## 2 城市工业企业发展水平

### 2.1 研究思路

要综合评价城市 C 的工业发展水平,必须建立合理的数学模型。首先对城市 C 的产业结构及能源消费特征进行分析,根据每个企业的人数和综合能耗计算出人均能耗数值,查阅资料得到工业主要产业能耗效率贡献度,并计算得出工业主要产业能耗比重;其次通过 Q 型聚类分析得出城市 C 的工业产业结构及各个产业的各项指标的具体数值;最后对各产业进行灰色关联分析,依据关联度的大小判断城市工业企业发展水平的高低。具体思路用流程图表示,如图 1 所示。

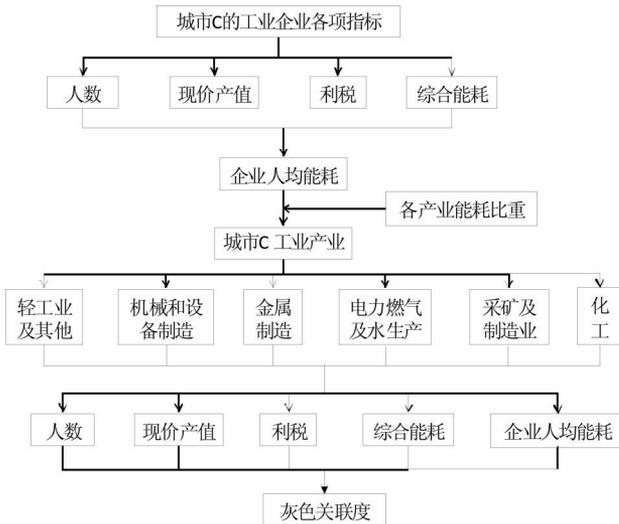


图 1 评价工业发展水平流程图

### 2.2 数据分析

1)工业主要产业能耗比重:查阅资料得知近 10 a 来工业主要产业能耗效率贡献率<sup>[3]</sup>,结合 EXCEL 求各个工业主要产业近 10 a 来工业主要产业平均能耗效率贡献率,即工业主要产业能耗比重。计算结果见表 1。计算公式为:  $p_i = \sum w_i / 11$ 。

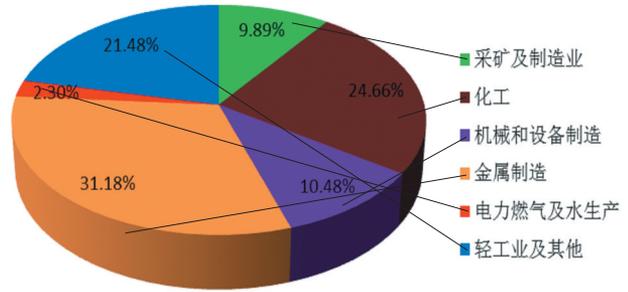
表 1 工业主要产业能耗比重

产业	采矿及制造业	化工	机械和设备制造	金属制造	电力燃气及水生产	轻工业及其它
比重/%	9.89	24.66	10.48	31.18	2.30	21.48

将结果绘制成饼图,如图 2 所示。

从图 2 可以直观地看出采矿及制造业、化工、机械和设备制造、金属制造、电力燃气及水生产、轻工业及其他能耗比重分别位列第五、第二、第四、第一、第六、第三。

2)利用给出的各个工业企业的人数和综合能耗的具体数据计算出各个工业企业的人均能耗,有



计算结果知道需要剔除异常数据即企业编号为 2 481 的企业的数据,最终得到剔除异常点后的各个工业企业的人均能耗。

3)通过查阅统计年鉴得到采矿及制造业、化工、机械和设备制造、金属制造、电力燃气及水生产、轻工业及其他的能耗排名<sup>[4]</sup>分别为 5、6、2、3、4、1;根据工业各个产业的能耗排名以及各个工业企业的人均能耗,通过聚类分析可以得出城市 C 各个工业企业所隶属的产业和各产业的人数、现价产值、利税、综合能耗、企业人均能耗的具体数值,结果见表 2。

表 2 各工业产业员工人数、现价产值、利税、能源消耗数据

工业产业	人数	现价产值/元	利税/元	综合能耗/t	企业人均能耗
轻工业及其他	301.436 6	214 623.772 4	53 845.885 3	133.249 2	0.459 7
机械和设备制造	403.742 88	315 350.391 9	67 497.769 57	404.005 2	0.990 6
金属制造	304.173 2	270 647.881 6	64 430.183 3	625.067 2	2.110 9
电力燃气及水生产	294.919 5	310 497.864 9	73 563.691 8	1105.948 9	3.734 5
采矿及制造业	302.990 5	349 264.043 0	95 746.302 1	1492.579 5	4.924 6
化工	551.271 6	532 163.855 8	123 133.318 3	45 886.773 0	64.100 8

### 2.3 研究方法

经过数据的初步分析,将各个工业产业(轻工业及其他、机械和设备制造、金属制造、电力燃气及水生产、采矿及制造业、化工)作为评价对象,现价产值、利税、企业人均能耗作为参考序列,运用灰色关联分析法<sup>[5]</sup>,借助 MATLAB 软件编程计算出各个工业主要产业的灰色加权关联度的大小,灰色加权关联度<sup>[6]</sup>的计算公式为:

$$r_i = \sum_{k=1}^n w_i \xi_i(k)$$

式中,  $r_i$  为第  $i$  个评价对象对理想对象的灰色加权关联度,  $\xi_i(k)$  为灰色关联系数,  $w_i$  为各指标的权重。

根据灰色关联度的大小,对工业主要产业的发展水平高低进行排名,关联度越大,工业主要产业的发展水平越高。

### 2.4 结果分析

利用 MATLAB 软件对各个工业产业的灰色加

权关联度<sup>[7]</sup>进行排序,结果见表3。

表3 工业主要产业发展水平

工业产业	轻工业及其他	机械和设备制造	金属制造	电力燃气及水生产	采矿及制造业	化工
关联度	0.6409	0.5179	0.4670	0.4858	0.5451	0.7778
排名	2	4	6	5	3	1

由表3可以看出城市C工业企业发展水平最好的是化工,轻工业、采矿及制造业、机械和设备制造、电力燃气及水生产的发展水平分别位居第二、第三、第四、第五,发展最差的是金属制造产业。

### 3 总能耗下降的能源分配方案

#### 3.1 研究思路

当能源总耗下降5%时,需要合理配置能源<sup>[8]</sup>,使企业人数、现价产值、利税受影响最小。首先利用SPSS软件对综合能耗与企业人数、现价产值、利税分别进行一元、多元回归分析,得到各工业产业的综合能耗与企业人数、现价产值、利税的回归方程;其次利用已给出的回归方程计算标准系数控制值,即原有能源分配标准系数的变化值,分别给出能源总耗下降5%时企业人数、现价产值、利税受影响的能源分配方案;最后根据各个能源分配方案和标准系数控制值计算企业人数、现价产值、利税的影响度系数,得出最优能源分配方案。具体思路用流程图表示,如图3所示。

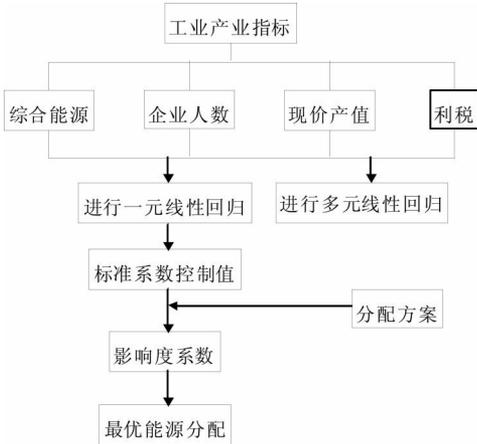


图3 能源分配流程图

#### 3.2 研究方法

##### 3.2.1 回归方程分析法

将综合能耗视为因变量,将企业人数、现价产值、利税作为自变量,运用SPSS软件对城市C的6种主要产业即轻工业及其他、机械和设备制造、金属制造、电力燃气及水生产、采矿及制造业、化工分别进行多元逐步回归分析<sup>[9]</sup>,再分别对各个自变量进行一元回归,最后对城市C所有产业的因变量与自变量分别进行一元、多元回归。

##### 3.2.2 组合选择法

能源消耗总量下降后的原有能源分配标准系数的变化对工业企业指标(如工业企业产值)的变化为标准系数控制值<sup>[9]</sup>。在工业企业总能源变化率一定的条件下,为使重新分配后的能源分配方案对工业企业的指标影响最小,只需在限定范围内尽可能地使某个指定指标趋向于不变,找出使指定指标趋向于不变的各工业企业分类指标能源的变化率,即利用组合选择模型求出最优的各产业能源分配变化率,之后得到最优的能源分配<sup>[10]</sup>。为了使模型更加便于分析,将工业企业的指标中各个产业分类的变化率之和,即影响度系数限定范围为-10%~10%,影响度系数越小,说明标准系数控制值对工业企业的指标影响越小。

#### 3.3 结果分析

借助SPSS软件对城市C所有工业产业的综合能耗与人数、现价产值、利税进行一元回归,得到回归方程见表4。

表4 一元回归方程

工业产业	人数	现价产值	利税
轻工业及其他	$y_{11}=0.8x_{11}$	$y_{12}=0.405x_{12}$	$y_{13}=0.385x_{13}$
机械和设备制造	$y_{21}=0.998x_{21}$	$y_{22}=0.932x_{22}$	$y_{23}=0.580x_{23}$
金属制造	$y_{31}=0.931x_{31}$	$y_{32}=0.569x_{32}$	$y_{33}=0.495x_{33}$
电力燃气及水生产	$y_{41}=0.998x_{41}$	$y_{42}=0.775x_{42}$	$y_{43}=0.714x_{43}$
采矿及制造业	$y_{51}=0.993x_{51}$	$y_{52}=0.692x_{52}$	$y_{53}=0.615x_{53}$
化工	$y_{61}=0.387x_{61}$	$y_{62}=0.450x_{62}$	$y_{63}=0.569x_{63}$

使用MATLAB软件对城市C工业产业的综合能耗与企业人数、现价产值、利税进行多元回归,得到回归方程见表5。

表5 多元回归方程

工业产业	回归方程
轻工业及其他	$Y_1=0.8X_{11}$
机械和设备制造	$Y_2=0.903X_{21}+0.145X_{22}-0.068X_{23}$
金属制造	$Y_3=0.878X_{31}+0.181X_{32}-0.097X_{33}$
电力燃气及水生产	$Y_4=0.998X_{41}$
采矿及制造业	$Y_5=0.993X_{51}$
化工	$Y_6=0.267X_{61}-0.461X_{62}+0.846X_{63}$
总产业	$Y=0.356X_1-0.534X_2+0.740X_3$

由表4、表5中的方程可知企业的人数对轻工业及其他、电力燃气及水生产、采矿及制造业的综合能耗的影响较大,现价产值与利税基本不影响。

根据组合预测法,分别从企业人数、现价产值、利税三个方面对能源分配的影响给出不同分配方案,见表6、表7、表8。

表6 企业人数对能源分配影响

方案	标准系数控制值					
	1.25	1	1.07	1	1.01	2.58
1	-3	3	1	-7	3	-2
2	-1	2	-3	-1	1	-1
3	2	-1	-1	-2	-3	0
4	2.3	-2.5	-1.8	-4	-1	2
5	3	-2	-1	-3	-4	2
6	2	-1	-2	-3	-4	3
7	2	-3	-1	-5	-1	3
8	-2	-4	-4	2	-2	5
9	-1	-3	-5	-3	0	7
10	-2	-5	-3	0	-4	9

表7 现价产值对能源分配影响

方案	标准系数控制值					
	2.47	1.07	1.76	1.29	1.45	2.22
1	-1	2	-1	1	-4	-2
2	1	-2	1	-1	-2	-2
3	2	-3	-1	-2	-1	0
4	2	-4	-1	-2	-1	1
5	3	-4	-1	-4	-2	3
6	4	-4	-1	-3	-3	2
7	6	-3	-1	-3	-4	0
8	5	-5	-1	-6	0	2
9	7	-3	-2	-5	-2	2
10	9	-10	-5	-6	2	5

表8 利税能源分配影响

方案	标准系数控制值					
	2.6	1.72	2.02	1.4	1.63	1.78
1	0	-1	-3	2	-1	-2
2	2	0	0	-2	-2	-3
3	3	-4	2	-2	-1	-3
4	7	-4	-3	-2	-6	3
5	7	-1	3	-6	1	-9
6	8	-2	2	-5	1	-9
7	7	-3	3	-6	-3	-3
8	7	-1	2	-8	-4	-1
9	12	-1	0	-16	0	0
10	14	-1	2	-18	-2	0

将各个方案的能源分配变化率与相对应的标准系数控制值相乘得到各方案的指标影响度系数,见表9。

表9 各分配方案指标影响度系数 %

方案	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
企业人数	-8.81	-5.03	-4.60	-1.401	-1.20	0.06	0.16	2.10	5.46	8.47
现价产值	-11.04	-6.54	-4.06	-2.910	-0.03	0.06	0.18	1.94	5.65	8.99
利税	-10.17	-6.20	-4.81	-1.980	-0.25	0.01	0.47	1.02	7.08	10.26

根据表9中的数据,得出适合城市C本年度能源消耗总量比上一年度下降5%时分别使该市的工业企业产值、利税、从业人员受到的影响最小的各工业产业能源分配方案。当总能耗下降5%使从业人员受到影响最小时,方案6为能源分配最优方案,即轻工业及其他的能耗增加2%,机械和设备制造减少1%,金属制造减少2%,电力燃气及水生产减少3%,采矿及制造业减少4%,化工增加3%。同理,当现价产值受到影响最小时,最优方案为方案6,即轻工业及其他的能耗增加4%,机械和设备制造减少4%,金属制造减少1%,电力燃气及水生产减少3%,采矿及制造业减少3%,化工增加2%。同样,当利税受影响最小时,轻工业及其他的能耗增加8%,机械和设备制造减少2%,金属制造增加2%,电力燃气及水生产减少5%,采矿及制造业增加1%,化工减少9%。

### 4 总产值上升的能源分配方案

#### 4.1 研究思路

当总产值的增速超过8%时,需要对能源合理分配。以未来2a为例,能源分配方案需要满足每年能源消耗总量比上一年度下降5%。首先需要理由组合预测法对各个分配方案进行初步筛选,得到最优的方案,并根据回归方程<sup>[1]</sup>计算能耗调整状况下的利税变化率,对利税水平进行评估。

#### 4.2 数据分析

未来2a能源的分配要使每年能源消耗总量比上一年度下降5%,因此,能源消耗总量为(1-5%)\*(1-5%)=90.25%,故未来2a能源总耗下降1-90.25%=9.75%。因此在能源总耗下降9.75%的前提下,根据组合预测法给出能源分配方案见表10。

表10 总耗下降9.75%的能源分配

方案	标准系数控制值					
	2.47	1.07	1.76	1.29	1.45	2.22
1	-1	-10	1.25	1.75	0.25	-2
2	2.5	-6	-3	1.5	-5.5	0.75
3	2.25	-5	-1	-3.5	-5	2.5
4	7.5	-11	-2	2.5	-5	-1.75
5	6	-15	7	-8	4.25	-4
6	4	-12	5	-7	-4	4.25
7	7	-11	4	-13	-1.5	4.75
8	8	-18	-0.5	-7	1.3	6.45
9	10	-16	4	-11	-1.5	4.75
10	9	-14	-2.25	-11	-5	13.5

表11 总耗下降9.75%的产值影响度系数

方案	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
系数	-12.79	-9.9	-7.7675	-4.675	-1.9475	0.445	4.16	6.794	8.8	11.82

### 4.3 结果分析

由于工业企业产值总量<sup>[12]</sup>增速不低于8%,由表11产值影响度系数可以判断出方案10符合要求,即轻工业及其他的能耗增加9%,机械和设备制造减少14%,金属制造减少2.25%,电力燃气及水生产减少11%,采矿及制造业减少5%,化工增加13.5%。所以,工业企业各产业在未来2a使产值增量不低于8%的能源分配方案见(表12)。

表12 未来2a能源分配 %

时间	轻工业及其他	机械和设备制造	金属制造	电力燃气及水生产	采矿及制造业	化工
未来1a	9	-10	-5	-6	2	3
未来2a	9	-14	-2.25	-11	-5	13.5

根据能源分配的变化率,通过能耗与利税的回归方程,计算利税的变化率,结果见表13。

表13 利税的变化率 %

时间	轻工业及其他	机械和设备制造	金属制造	电力燃气及水生产	采矿及制造业	化工
未来1a	23.38	-17.24	-10.10	-8.40	3.25	5.27
未来2a	23.38	-24.14	-4.55	-15.41	-8.13	23.73

由表12知道,在能耗总量下降、现价产值上升的基础上分配能源<sup>[13]</sup>,需要增加轻工业及其他和化

工的能源,减少其他行业的能源,尤其是机械和设备制造与电力燃气及水生产行业。分析表13中的数据可知未来2a的利税率分别下降3.84%、5.12%,因此在这种方案下,总能耗量下降可使产量总量增速不低于8%,但是利税水平下降。

### 5 结语

本文建立的模型与实际紧密联系,通过聚类分析将工业企业分类,通过灰色关联分析法和组合选择法对城市工业企业发展水平进行评价,结合城市的实际情况,给出了城市工业企业的最优能源分配方案。在经济发展的过程中,应改造和整顿高耗能行业,推进低耗能且发展水平高的产业的发展,如轻工业,从而提高能源消费效率;加大对水能、核能、太阳能、风能、生物质能等可再生能源的利用水平,以改善城市C能源结构,实现能源与经济的可持续发展,推动新型能源产业的发展。在能源稀缺的情况下,优化能源结构,合理配置能源,从而获得最大利润,这对于建设节约型社会具有一定现实意义。

### 参考文献:

- [1] 蒋毅一,王皓良.我国主要工业行业能耗研究[J].中国管理信息化,2009,12(13):66-72.
- [2] 李琦,韩亚芬,黄淑玲,等.工业行业能源消耗的变动特征及影响因素分析[J].河北北方学院学报(自然科学版),2015(1):45-51.
- [3] 陈诗一.中国工业分行业统计数据估算:1980—2008[J].经济学,2011(2):735-776.
- [4] 李琦,韩亚芬,张强.陕西省能源强度的动态变化及影响因素分析[J].河北北方学院学报(社会科学版),2015(1):56-60.
- [5] 孙玉刚.灰色关联分析及其应用的研究[D].南京:南京航空航天大学,2007.
- [6] 曹明霞.灰色关联分析模型及其应用的研究[D].南京:南京航空航天大学,2007.
- [7] 刘思峰,蔡华,杨英杰,等.灰色关联分析模型研究进展[J].系统工程理论与实践,2013,33(8):2041-2046.
- [8] 李媛,李霞,方海玲,等.基于DEA方法的中国能源工业技术创新效率研究[J].河北北方学院学报(社会科学版),2015(2):49-52.
- [9] 朱凯,李爱群,郭柏成,等.逐步回归多元统计预测模型研究及其程序设计[J].贵州水力发电,2005(3):72-76.
- [10] 刘明.线性回归模型的统计检验关系辨析[J].统计与信息论坛,2011,26(4):21-24.
- [11] 靳庭良,张宝青.回归分析中t检验与F检验关系的进一步探讨[J].统计与决策,2009(21):7-9.
- [12] 王端旭,石瑛,王琼.优化工业耗能结构与节能潜力[J].中国能源,1996(7):32-35.
- [13] 蒋秀兰,沈志渔.产业结构对能源消耗的影响——以河北省为例[J].南方经济,2016(3):54-67.

(上接第14页)

- [6] 顾斌杰,严家适,罗建华.建立与完善小型农田水利建设新机制的若干问题[J].中国水利,2008(1):37-40.
- [7] 孙小燕.小型农田水利设施建设与管理路径选择[J].宏观经济研究,2011(12):89-95,106.
- [8] 张华波.小型农田水利工程建设和管理问题的探讨[J].水利工程管理技术,2009(20):33-34.
- [9] 张丹丹,张安明,张引,等.基于GIS技术的基本农田划定研究——以重庆市黔江区金溪镇为例[J].中国农业资源与区划,2012,33(6):51-56.
- [10] 钱凤魁,王秋兵,边振兴,等.永久基本农田划定和保护理论探讨[J].中国农业资源与区划,2013,34(3):22-27.
- [11] 王建平.新时期小型农田水利设施管理模式探讨[J].农业考古,2011(6):241-246.
- [12] 叶璠.广西构建农田水利基本建设发展新模式[J].中国水利,2012(1):6-8.
- [13] 周津春,周三省.中小型农田水利工程质量探讨[J].中国水利,2012(3):33-35.