

⑤ 21-25

能源系统的灰色投入产出双目标优化模型*

An Optimal Bicriterion Grey Input-output Model in Energy System

杨秀苔
Yang Xiutai

郭金木
Guo Jinmu

任玉珑
Ren Yulong

(重庆大学工商管理学院)

TK01

摘要 把能源投入产出模型和双目标优化模型结合起来,并应用灰色系统理论,建立了灰色投入产出多目标优化模型,同时对双目标优化算法作了一些改进。最后,利用复合模型对某市能源经济结构进行优化,并分析了该市结构性节能的潜力。

关键词 投入产出; 双目标优化; 灰色系统理论

中国图书资料分类法分类号 F224.9

能源系统

ABSTRACT This paper combines the energy input-output model with an optimal bicriterion model, and uses the grey system theory to set up an optimal bicriterion grey input-output (OBGIO) model. This paper also put forward some amendments to bicriterion algorithm. Finally, the OBGIO model is used to optimize the energy economic structure of a city, and analyze its potentiality on the structural energy saving.

KEYWORDS input-output; optimal-bicriterion; grey system theory

0 前言

随着经济的不断发展,城乡人民生活水平的提高,能源消耗越来越大,为了解决这个已成为制约经济发展的严重问题,我们必须双管齐下,从能源供给和需求两方面着手。前者就是通过加快能源开发来增大能源供给量,但是光靠这方面是不够的,因为能源开发受建设时间的限制,在短时间内能源供给不可能有多大的改善;从长远看,能源开发受资金、资源条件的限制,不可能满足这与日俱增的能源需求。因此我们还必须从能源需求方面着手,节约能源消耗,这不但要求我们大力开展技术性节能,同时还要求我们开展结构性节能,利用系统的观点和方法,分析能源经济关系,建立能源经济模型,优化产业结构,实现产业结构的省能化。

1 模型的设计

能源投入产出模型全面表现了经济各部门的生产联系,反映了能源经济中的多种结构,

* 收文日期 1992-12-05

因此它对能源经济系统的描述具有完整性、系统性和详细性,是实现能源经济综合平衡不可缺少的科学手段。但因投入产出模型是确定性模型,它表现为具有严格的线性函数关系、平衡结构的确定性及经济变量的确定性,所以能源投入产出模型本身无法论证能源经济综合平衡是否合理、是否最优,为了弥补这一不足,本文把投入产出模型与双目标优化模型结合起来,鉴于能源经济系统是一个认识不深、参数不全的系统,很难找到一个击中目标中心的确定值,又应用了灰色理论,建立了灰色投入产出双目标优化模型。

$$\begin{aligned} \max \quad & h_1(X) = \otimes(V)X \\ \min \quad & h_2(X) = \otimes(e)X \\ \text{s. t.} \quad & \begin{cases} (I - \otimes(A))X \geq \otimes(Y) \\ \sum_{i=1}^n \otimes(\theta_i)X_i + \sum_{i=n+1}^m X_i \geq \otimes(ZZ_0) \\ X \leq \otimes(X_r) \\ X \geq \delta X_0 \end{cases} \end{aligned}$$

其中: n, m —分别为部门数与能源部门数; I —单位矩阵;

e —部门能源消耗系数行向量, $e = (e_1, e_2, \dots, e_n)$;

$\otimes(e)$ —以 e 为白化向量的灰向量; X —部门产出向量;

V —国民收入系数行向量, $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$

$\otimes(V)$ —以 V 为白化向量的灰向量; A —投入产出系数矩阵;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$\otimes(A)$ —以 A 为白化矩阵的灰矩阵;

Y —最终需求列向量, $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)^T$;

$\otimes(Y)$ —以 Y 为白化向量的灰向量; θ_i — i 能源部门单位产品所创产值;

$\otimes(\theta_i)$ —以 θ_i 为白化值的灰色值; ZZ_0 —总产值目标值;

$\otimes(ZZ_0)$ —以 ZZ_0 为白化值的灰色值; X_r —各部门计划期最大生产能力向量;

$\otimes(X_r)$ —以 X_r 为白化向量的灰向量; δ —最大允许减产系数。

上述模型中的第一个约束是最终需求约束,第二个约束是总产值约束,第三个约束是生产能力约束,第四个约束是最大允许减产约束,在选择最大允许减产系数时必须慎重考虑,因为过多地让某些部门减产不仅使提供的社会需求下降,而且会使原有设备和人力不能发挥作用,造成不必要的损失。

2 模型的求解算法

由于上述模型有两个目标,我们可以利用双目标优化算法 NISE(Non-Inferior Set Estimation)来求解,但由于此法在实际应用中常常出现“迭代过多”的情况,为了避免这种情况,本文采取了误差分析法,并对各非劣点误差的求解进行了较详细的讨论。

2.1 NISE 算法的基本原理

NISE 算法是一种求近似非劣点集的算法,但它目前只适用于双目标问题,另外它要求

目标函数是线性的,可行集是凸集。NISE 算法首先求出非劣点集的两个端点 P_1 和 P_2 ,然后用线性加权求非劣点集的其他各点。两个目标 $Z_1 = h_1(X), Z_2 = h_2(X)$ 的权值 W_1, W_2 采用下式确定。

$$-W_1/W_2 = \text{直线 AB 的斜率}$$

其中 A、B 为已求得的相邻两非劣点

2.2 误差的估计

为了解决 NISE 算法的收敛性问题,本文采用误差分析法,即在每求一个非劣点之前,先对其在目标空间的位置作出估计,得到最大可能误差,并与预先设定的最大允许误差进行比较,以决定是否求解这点,其原理如图1所示。图中 A、B 是已求得的相邻非劣点,直线 L_1 是过 A 点的线性无差别直线,直线 L_2 是过 B 点的线性无差别直线。可以证明,新的非劣点只能在 $\triangle ABC$ 之内,因此可以用 $\triangle ABC$ 中 AB 的高作为最大可能误差。

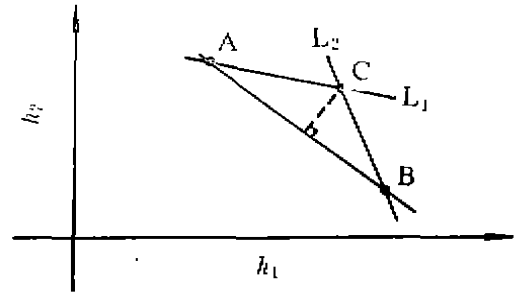


图1 误差的求解

如果它超过预先设定的最大允许误差,则求解新的加权问题以解出新的非劣点,反之则以线段 AB 作为这两点间非劣点集的近似。下面我们分几种情况来讨论误差的求解。

为了便于表示,记 P_t 为按产生先后排序的第 t 个非劣点, S_i 为在已求得的非劣点中按其对应的目标函数 h_2 值由大到小排序的第 i 个非劣点。

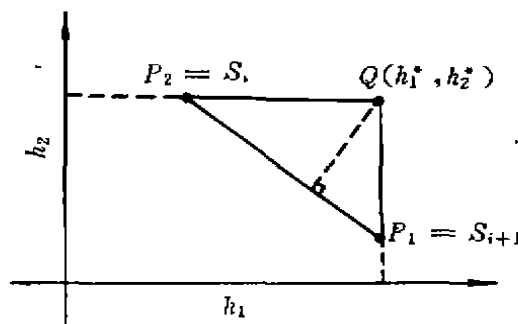


图2 S_1, S_{i+1} 为两端点时误差的求解

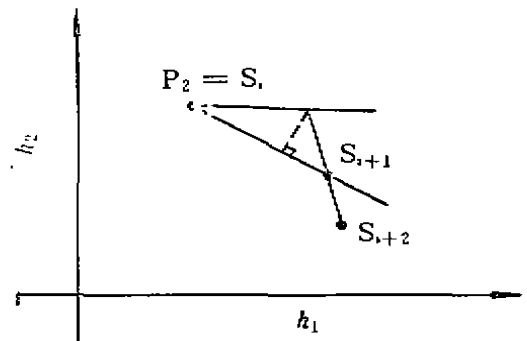
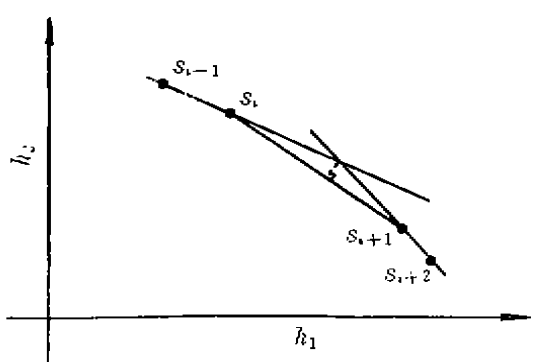
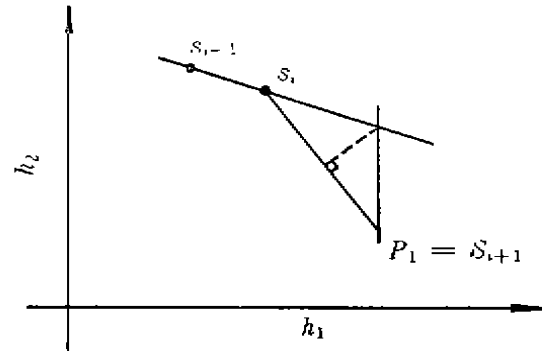


图3 S_{i+1} 不为端点时 h_1 误差的求解

2.2.1 S_i 和 S_{i+1} 为两端点的情况,此即 S_i 为 P_2, S_{i+1} 为 P_1 时 由于这种情况很难求出过 P_1 点和 P_2 点的两条无差别直线,因此我们采用一些技巧利用过点 P_1 和 P_2 的两条平行于坐标轴的直线 $X=h_1^*$ 和 $Y=h_2^*$ 替代两条无差别直线,两条直线 $X=h_1^*$ 和 $Y=h_2^*$ 的交点为理想点 $Q(h_1^*, h_2^*)$,可以证明新的非劣点仍然只能在 $\triangle P_1QP_2$ 之内,则 Q 点到直线 P_2P_1 的距离可作为点 S_i, S_{i+1} 对应的最大可能误差。

2.2.2 当 S_i 为端点 P_2, S_{i+1} 不是端点 P_1 时 我们利用过点 P_2 且平行于 h_1 轴的直线代替过 P_2 点的无差别直线,用点 S_{i+1}, S_{i+2} 的连线作为过点 S_{i+1} 的无差别直线,则这两条直线的交点到连线 $S_i S_{i+1}$ 的距离即为点 S_i, S_{i+1} 所对应的最大可能误差。

2.2.3 当 S_{i+1} 为 P_1, S_i 非 P_2 点时 求解最大可能误差时,利用过点 P_1 且平行于 h_2 的直线代替过点 P_1 的无差别直线,它与过点 S_i 的无差别直线 $S_i S_{i-1}$ 的交点到连线 $S_i S_{i+1}$ 的距离即为点 S_i, S_{i+1} 所对应的最大可能误差。

图4 S_i 为非端点 P_i 时误差的求解图5 S_i, S_{i+1} 均不是端点时误差的求解

2.2.4 当 S_i, S_{i+1} 都不是端点时 则过点 S_{i+1}, S_{i+2} 的直线必为过点 S_{i+1} 的无差别直线, 过点 S_i, S_{i-1} 的直线必为过点 S_i 的无差别直线, 这两条直线的交点到连线 $S_i S_{i+1}$ 的距离即为 S_i, S_{i+1} 所对应的最大可能误差。

3 模型的应用

我们利用已建模型和 NISE 算法对某市产业结构进行优化, 得到4个可供选择的优化方案(见表1)。

表1 可供选择的4个优化方案 (万元)

部门	电力 (万吨标煤)	其它能源 (万吨标煤)	其它重工	轻工	农业	建筑	交通邮电	商业
方案1	800	3000	2700000	2327488	710000	630000	340000	430000
方案2	491.56	1805.60	169190.8	1437188.3	547975	526000	207947.6	251666.8
方案3	587.55	2124.34	1944360.9	2356917.6	710000	630000	231950	430000
方案4	710.47	2451.01	2700000	2327800	710000	630000	340000	430000

分析上述4个方案, 我们认为方案3是较合理的, 它与某市的战略目标值相近, 此方案所对应的各部门产值增长速度如表3所示。从表3中可以看出, 重工业的发展速度比计划有所放慢, 而其它部门的发展速度有所加快, 轻工业、商业及农业等都有较大的增长, 这个结果与我们的定性分析是一致的。实现方案3不但可实现社会总产值增长6.23亿元、国民收入增加2.35亿元, 而且可节约能源109万吨标煤。在某市长期能源短缺的情况下, 这个数量是相当可观的。因此, 调整产业结构, 是解决该市能源短缺不可缺少的途径。

表2 某市2000年战略目标 (万元)

部门名称	重工	轻工	农业	建筑	交通邮电	商业
战略目标	2.1×10^6	2.14×10^6	5.79×10^5	5.48×10^5	2.8×10^5	3.08×10^5

表3 某市各物质生产部门产值增长速率(%)

部门名称	重工	轻工	农业	建筑业	交通邮电	商业
计划	7.7	8.3	3.5	9.2	7.0	8.2
优化后	7.2	8.6	4.87	9.97	8.56	8.97

4 结 论

本文所建立的灰色投入产出双目标优化模型,做到了多种模型方法互补,既可克服能源投入产出模型可以平衡但不能优化的缺点、又可弥补多目标优化模型能优化但不能平衡的缺陷,还可合理处理能源经济系统参数不全不准的问题,使模型更趋于实用。

本文在采用 NISE 算法求解灰色投入产出双目标优化模型时,利用了误差分析法,有效解决了“迭代过多”和“死循环”问题。

参 考 文 献

- 1 George, Hsu J Y. Ping Sun Leung. Energy Plannign in Tai Wan; AN Alternative Approach Using a Multiobjective Programming and Input-OutPut Model. *Energy Journal*, 1988, 9(2)
- 2 邓聚龙. 灰色控制系统. 武汉: 华中工学院出版社, 1985