EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 28. KÖIDE
FÜÜSIKA * MATEMAATIKA. 1979, NR. 4

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 28
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1979, № 4

https://doi.org/10.3176/phys.math.1979.4.12

УДК 620.9 : 330.115

К. ЯАНИМЯГИ

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА (ТЭБ) РАЙОНА

K. JAANIMÄGI. RAJOONI KÜTUSE-ENERGIABILANSI OPTIMEERIMISE MEETOD

K. JAANIMÄGI. OPTIMIZATION METHOD OF THE REGIONAL FUEL ENERGY BALANCE

(Представлена И. Эпиком)

Исследование ТЭБ района начинается с определения и упорядочения целей оптимизации. Главными целями функционирующего топливно-энергетического комплекса (ТЭК) являются экономически целесообразное расходование имеющихся ресурсов, надежное обеспечение ими потребителей и сведение до минимума вредного воздействия ТЭК на другие системы и окружающую среду. Многоцелевой подход предполагает сравнение различных сочетаний допустимых решений и выбор из них экономически наиболее эффективного. С этой целью вводится система показателей, количественно определяющих цель. Допустимые решения удовлетворяют ограничениям, отвечающим нормативным характеристикам района ТЭБ.

Исходная математическая модель ТЭБ района имеет вид

$$f_1(\bar{x}) = E\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{m} c_{il}x_{il}\right) \to \min, \tag{1}$$

$$f_2^k(\bar{x}) = E\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{m} a_{il}^k x_{il}\right) \to \min, \tag{2}$$

$$f_3(\bar{x}) = E\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{m} \text{ч}_{il}x_{il}\right) \to \min, \tag{3}$$

$$f_4(\bar{x}) = E\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{m} q_{il}x_{il}\right) \to \min \tag{4}$$

при $\bar{x} = \{x_{il}\}$, $i = \overline{1, n}$, $l = \overline{1, m}$, принадлежащем области D, задаваемой неравенствами

$$P\left(\sum_{i=1}^{n} \eta_{il}x_{il} \geqslant Q_l\right) \geqslant \alpha_l, \tag{5}$$

$$P\left(\sum_{i=1}^{n} a_{il}^k x_{il} \leqslant Y_l^k\right) \geqslant \gamma_l^k, \quad k = \overline{1, K}, \tag{6}$$

$$\sum_{l=1}^{m} x_{il} \leqslant x_i. \tag{7}$$

Здесь $f_1(\bar{x})$ — суммарные приведенные затраты ТЭК, $f_2^k(\bar{x})$ — суммарные выбросы k-го загрязняющего вещества в район ТЭК, $f_3(\bar{x})$ — суммарные людские ресурсы ТЭК, $f_4(\bar{x})$ — техническая ненадежность ТЭК, q_{il} — вероятность выхода установки l-го потребителя при сжигании i-го топлива. Остальные параметры и переменные задачи (1)—(7) описаны в [1].

Условие (6) вводится для случая превышения предельно допустимых выбросов отдельных потребителей при общем благополучном состоянии окружающей среды в районе. Согласно методу, изложенному в [2], область (5)—(7) может быть описана системой детерминированных неравенств. Решение задачи (1)—(7) включает в себя шесть этапов:

1. Сведение критериев f_1—f_4 к безразмерным величинам.

2. Нахождение вектора идеальных решений $f^{\text{ид}} = (f_1^{\text{ид}}, f_2^{\text{ид}}, f_3^{\text{ид}}, f_4^{\text{ид}})$, где $f_j^{\text{ид}}$ $(j=\overline{1,4})$ — оптимальное значение целевой функции f_j на области (5)—(7).

3. Получение $m \geqslant 4$ допустимых решений $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \ldots, \bar{x}_m$.

4. Группировка их по признаку предпочтительности: $\bar{x}_1$ предпочтительнее $(\{)\bar{x}_2$, если оно наименее удалено от идеального решения. Пусть $\bar{x}_1 \{ \bar{x}_2 \{ \ldots \{ \bar{x}_m$.

5. Нахождение весовых коэффициентов λ_j таких, что $\Phi(\bar{x}) = \sum_{j=1}^{4} \lambda_j f_j(\bar{x})$; $\sum_{j=1}^{4} \lambda_j = 1$, исходя из принципа аддитивной полезности (отметим, что для этой цели пригоден и алгоритм метода наименьших квадратов). Для этого решается задача $\Phi(\bar{x}_1) < \Phi(\bar{x}_2) < \ldots < \Phi(\bar{x}_m)$ при $\sum_{j=1}^{4} \lambda_j = 1$, которая эквивалентна задаче линейного программирования

$$\begin{gathered}
\lambda'_1 + \lambda'_2 + \lambda'_3 + \lambda'_4 \to \min, \\
a_{11}\lambda'_1 + a_{12}\lambda'_2 + a_{13}\lambda'_3 + a_{14}\lambda'_4 \leqslant 1, \\
\cdots\cdots\cdots\cdots \\
a_{m1}\lambda'_1 + a_{m2}\lambda'_2 + a_{m3}\lambda'_3 + a_{m4}\lambda'_4 \leqslant 1,
\end{gathered}$$

где a_{ij} — конкретные числа, $\sum_{j=1}^{4} \lambda'_j = (1/v) \sum_{j=1}^{4} \lambda_j = 1/v$ и v — число, гарантирующее положительность всех элементов $\{a_{ij}\}$. Искомые λ_i находятся из выражения $\lambda_i = \lambda'_i / \sum_{i=1}^{4} \lambda'_i$.

6. Получение оптимального решения исходной задачи оптимизации ТЭБ района путем определения $\min \Phi(\bar{x})$ при $\bar{x}$, удовлетворяющем ограничениям соответствующей многоцелевой задачи.

Однако решение, оптимальное в смысле единого суммарного критерия Ф, может и не быть таковым по ряду частных критериев. В этом случае окончательный выбор должны сделать эксперты или лицо, принимающее решение (ЛПР).

Задача агрегации нескольких критериев в один глобальный может решаться итеративным методом. Алгоритм решения включает в себя также шесть этапов:

I. Сведение критериев $f_1 - f_4$ к безразмерным величинам.

II. Построение области Парето [1] многоцелевой задачи оптимизации ТЭБ района.

III. Оптимизация критерия $\Phi(\bar{x})$ на области ограничений исходной задачи. Массив $\{\lambda_j\}$, фигурирующий в выражении для функционала $\Phi(\bar{x})$, получается в результате выделения из области Парето решения, наименее удаленного от идеального. Обозначив его через $\bar{x}_1$, находим $f(\bar{x}_1) = \{f_j(\bar{x}_1)\}$, $j = \overline{1, 4}$.

IV. Перед ЛПР ставится вопрос — все ли критерии $f_j(\bar{x}_1)$, $j = \overline{1, 4}$, имеют удовлетворительное значение? [3]. ЛПР сравнивает вектор $f(\bar{x}_1)$ с вектором $f^{\text{ид}}$. В случае положительного ответа решение окончательно, т. е. вектор $f(\bar{x}_1)$ есть искомый результат. В противном случае ЛПР выделяет критерий, который имеет наименее удовлетворительное значение, и уступку Δf_j, допускающую увеличение значения этого критерия.

V. В область допустимых значений исходной задачи вводится ограничение $f_j(\bar{x}) \leqslant f_j^{\text{ид}} + \Delta f_j$. На полученной области, которую обозначим через D_1, процедура повторяется вновь, начиная с этапа I. В результате определяем вектор $f(\bar{x}_2)$.

VI. Перед ЛПР ставится вопрос — допустимо ли ухудшение качества какого-либо критерия при переходе от вектора $f(\bar{x}_1)$ к вектору $f(\bar{x}_2)$? Если нет, ЛПР изменяет значение Δf_j, и процедура повторяется, начиная с этапа V. Пусть $\Delta f_j^{\text{н}}$ — искомое значение уступки и $\bar{x}^{\text{н}}$ — соответствующий ей оптимальный план исходной задачи. Если все значения $f_i(\bar{x}^{\text{н}})$, $i = \overline{1, 4}$, удовлетворяют предпочтениям ЛПР, то процесс заканчивается, в противном случае он повторяется, начиная с этапа IV.

Отметим, что вид обобщенного критерия $\Phi(\bar{x})$ выдает каждому району центральная система. Эта система соблюдает свои интересы при выборе оптимального компромиссного решения из области Парето и при задании критерия такого выбора.

Итак, оптимизация ТЭБ зависит от множества различных факторов развития энергетического хозяйства района. Для учета этих факторов эффективны методы многоцелевого программирования, среди которых в вычислительном отношении просты приближенные методы. Достижение необходимого качества каждого критерия обеспечивается применением человеко-машинных процедур. Разработанный метод опробован на ЭВМ ЕС-1022.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янимяги К. Э., В сб.: Учет неопределенности исходной информации при оптимизации энергетического хозяйства экономического района, Таллин, Изд. АН ЭССР, 1978, с. 159—163.
2. Янимяги К. Э., В сб.: Определение перспектив развития энергетического хозяйства экономического района, Таллин, Изд. АН ЭССР, 1977, с. 171—179.
3. Бенайюн Р., Ларичев О. И., Монгольфье Ж., Терни Ж., Автоматика и телемеханика, № 8, 108—115 (1971).

Институт термофизики и электрофизики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
8/V 1979