

УДК 621.3

Денисюк С.П., д.т.н., професор, Василенко В.І., асистент,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ОПТИМАЛЬНЕ РОЗМІЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГОСИСТЕМИ З ОЦІНКОЮ МІРИ БЛИЗЬКОСТІ КВАЗІОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ

Енергоефективність – широко вживаний термін якісного характеру, що означає засіб досягнення різних цілей, в тому числі. цілей національної та міжнародної політики, а також цілей бізнесу, найважливішими з яких є – зниження викидів вуглекислого газу (запобігання зміни клімату); підвищення безпеки енергопостачання (в результаті більш стійкого виробництва); зниження витрат (підвищення конкурентоспроможності бізнесу) [1].

Систематичне підвищення енергоефективності – це закон розвитку цивілізації. Науково-технічний прогрес робить ресурс підвищення енергоефективності поновлюваним: постійно з'являються нові технології, що дозволяють підвищити ефективність використання енергії. Тобто мінімальні питомі витрати енергії систематично знижуються [2].

Загальну математичну модель енергетичної системи можна представити у вигляді системи рівнянь, які пов'язують показники виробничого процесу, вхідні та вихідні параметри з іншими параметрами та обмеженнями [3]:

1. Рівняння зв'язку. Описують технологічний процес системи та показують залежність вихідних параметрів системи від інших керованих параметрів стану:

$$B_i(W_i); \forall i \in n, \quad (1)$$

де B_i – енергетичні ресурси, які поступають на вхід системи: природні та відновлювальні; W_i – енергія, яка споживається споживачами (енергія на виході з системи).

2. Рівняння обмежень. Ці рівняння показують допустимі границі зміни вхідних та вихідних параметрів системи.

$$W_{i,min} \leq W_i \leq W_{i,max}, \quad (2)$$

3. Рівняння ефективності (цільова функція). В якості цільової функції візьмемо вартісну функцію – вартість використаних енергетичних ресурсів, ця умова відповідає максимуму рентабельності енергетичної системи:

$$F = \sum_{i=1}^n b_i B_i(W_i) \Rightarrow \min, \quad (3)$$

де b_i – вартість палива.

При оптимізації параметрів і режимів енергетичної системи необхідно задіяти механізм ранжирування варіантів оптимального розміщення об'єктів. Для цього пропонується використовувати концепцію відстані при ранжируванні безлічі об'єктів, що забезпечують найбільше погодження варіантів з індивідуальними впорядкуваннями експертів [4]. Для реалізації запропонованого механізму необхідно сформулювати сукупності ознак, які б характеризувалися булевими матрицями. Такі матриці повинні вміщувати як номінальні, так і рангові ознаки. Якщо R – номінальна ознака, то припускаємо $R_{ij} = 1$ тоді та тільки тоді, коли об'єкти i та j мають однакове значення ознаки R , тобто попадають у той самий клас відповідної

розбивки: $R_{ij} = \begin{cases} 1, i = j; \\ 0, i \neq j. \end{cases}$ Якщо R – рангова ознака, то припускаємо $R_{ij} = 1$ тоді і тільки тоді, коли

ступінь прояву ознаки R у об'єкта i не нижче, ніж у j , тобто $R_{ij} = \begin{cases} 1, i \geq j; \\ 0, i < j. \end{cases}$

Тобто, можна стверджувати, що номінальним ознакам відповідають блочно-діагональні матриці, а ранговим – блочно-трикутні. При цьому номінальним ознакам повинні відповідати такі еквівалентні відношення ρ , які задовольняють одночасно нерівності: симетрично – $((i, j) \in \rho) > ((j, i) \in \rho)$; рефлексивно – $((i, i) \in \rho)$ і транзитивно –

$(i, j) \in \rho$ та $(j, k) \in \rho \Rightarrow ((i, k) \in \rho$, а ранговим такі лінійні квазіпорядки, які б одночасно задовольняли умови рефлексивності, транзитивності та лінійності – $(i, j) \in \rho$ або $(j, i) \in (i, j)$.

У термінах матриць R симетричність означає $R_{ij} = R_{ji}$, рефлексивність – $R_{ii} = 1$, транзитивність – $R_{ij} \cdot R_{jk} \leq R_{ik}$, лінійність – $R_{ij} + R_{ji} \geq 1$. При цьому номінальні матриці позначають як $\tilde{R}_1, \tilde{R}_2, \dots, \tilde{R}_m$, а рангові як R_1, R_2, \dots, R_m . Еквівалентності характеризуються неупорядкованими розбивками на множині еквівалентних по ρ об'єктах, а лінійні квазіпорядки характеризуються упорядкованими розбивками.

Основною при обробці ознак служить кількісна міра близькості розбивок даної множини A . Цю міру близькості розбивок \tilde{R}_i та \tilde{R}_j позначають як $d(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j)$ та визначають:

$$d(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j) = 1/2 \cdot \sum_{k,l=1}^n |R_{k,l}^i - R_{k,l}^j| = 1/2 \cdot \sum_{i=1}^m |R_i|^2 + 1/2 \cdot \sum_{j=1}^m |R_j|^2 - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m |R_i \cap R_j|^2. \quad (4)$$

Близькі ознаки характеризуються близькими розбивками. Тому прийємо міру близькості ознак $\delta(R_i, R_j)$ пропорційну мірі близькості відповідних розбивок $d(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j)$. Для зручності виберемо коефіцієнт пропорційності таким, щоб максимальна відстань між ознаками дорівнювала 1. Тоді відповідно до формули (4):

$$\delta(R_i, R_j) = \frac{2 \cdot d(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j)}{n \cdot (n-1)} = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{l,k=1}^n |R_{l,k}^i - R_{l,k}^j|. \quad (5)$$

Той факт, що згідно з виразом (5) $\delta(R_i, R_j) \approx 0$, означає, що ознаки R_i та R_j дублюють один одного; $\delta(R_i, R_j) \approx 1$ означає, що ознаки R_i та R_j незалежні.

Висновок. Отже, міра близькості розбивок дозволяє розбити об'єкти на групи так, щоб у одну групу потрапляли «близькі», а в іншу «далекі» об'єкти, що в подальшому дозволить на основі їх використання приймати рішення щодо вибору оптимальних структур і параметрів елементів енергосистеми. Вона унікальна тим, що застосовується як до рангових, так і для номінальних ознак без зведення їх до якогось одного типу.

Запропонована класифікація об'єктів за числовими та символічними ознаками та знаходження міри їх близькості дозволяє ефективно вирішити питання оптимального розміщення енергетичних об'єктів енергетичної системи, забезпечити їх надійну роботу, раціонально використовувати та економити різні типи енергоресурсів, а також приймати зважені рішення щодо вибору оптимальних структур і параметрів елементів енергосистеми.

Список використаних джерел:

1. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. Проект Программы сотрудничества ЕС и России "Гармонизация экологических стандартов II" Представительство ВР в России РХТУ имени Д.И. Менделеева 2009 г. [Электронный ресурс]: // http://www.muotr.ru/univsubs/ecocentre/files/Power_efficiency.pdf
2. Башмаков И.А. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты и выгоды // Вопросы экономики. – 2009. – №2. – С.71 – 89.
3. Василенко В. І. Системна ефективність функціонування енергетичної системи з керованими навантаженнями. // ЕНЕРГЕТИКА: економіка, технології, екологія №1 (39) 2015. – С. 70 – 80.
4. Миркин Б.Г., Черный Л. Б. Об измерении близости между различными разбиениями конечного множества объектов // Журн. Автоматика и телемеханика. – 1970. – № 5. – С.120 – 127.