

УДК 621.311.1.003.1

Чернявський А.В., к.т.н., доцент, Котляр Р.С., магістрант,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ПРІОРИТЕТІВ ОБ'ЄКТІВ МОНІТОРИНГУ ПРИ ПОБУДОВІ МУНІЦИПАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА ПРИКЛАДІ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Енергетичний моніторинг є однією з функцій енергетичного менеджменту, яка заснована на збиранні певної інформації про об'єкт дослідження та спрямована на дотримання режимів енерговикористання, виконання запланованих заходів, дотримання встановлених значень енергетичних показників [1]. До основних завдань енергетичного моніторингу можна віднести:

- виявлення та аналіз закономірностей і тенденцій споживання енергії;
- оцінювання дій цих тенденцій у майбутньому та урахування їх позитивних та негативних наслідків;
- накопичення інформації для всебічного обґрунтованого вибору напрямів розроблення оптимального планового рішення.

Незважаючи на особливу важливість, на даний момент, з усіх етапів проведення енергомоніторингу муніципальних об'єктів найбільш важливими є збір, обробки та аналізу інформації. Важливість питання збору інформації про об'єкт енергомоніторингу впливає з існуючих обмежень по капітальних вкладеннях, технічних засобів і трудових витрат при проведенні енергомоніторингу. Питання побудови системи муніципального енергетичного моніторингу розкриті в роботах [1, 2].

При побудові системи енергетичного моніторингу громадських будівель інстинктивно виникає бажання проводити моніторинг всіх об'єктів за всіма можливими показниками. Однак, в більшості випадків такий підхід - найвірніший шлях в глухий кут. Перш за все це пов'язано з тим, що кожен об'єкт та показник енергетичного моніторингу повинен бути економічно обґрунтованим. Крім того, у більшості випадків муніципальні системи енергетичного моніторингу стикаються з обмеженістю наявних ресурсів, що в значній мірі і визначає необхідність скоротити програму моніторингу, зберігши при цьому, по можливості, якість одержуваних результатів. Тому при побудові системи енергетичного моніторингу громадських будівель слід особливу увагу приділити питанню формування комплексу пріоритетів об'єктів енергетичного моніторингу.

Для вирішення цього завдання пропонується проводити багатовимірне ранжування об'єктів моніторингу відповідно до алгоритму, наведеного нижче. Даний алгоритм базується на застосуванні методів кластерного аналізу.

Етап 1. Формування матриці спостережень.

Використовуючи множину вихідних даних з  $m$  елементів, що описані  $n$  ознаками, кожен об'єкт можна інтерпретувати як точку  $n$ -вимірного простору з координатами, рівними значенням  $n$ -ознак для об'єкта, що розглядається. Матриця спостережень має такий вигляд:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} & \dots & x_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mk} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість установок;

$n$  – число параметрів;

$x_{ik}$  – значення признаку  $k$  для одиниці  $i$ .

В якості вимірників, що зазвичай застосовуються на практиці для віднесення об'єкту до суттєвого, використовується обсяг енергоспоживання за певний період часу. Однак, якщо в якості індикатора обирати тільки рівень абсолютного або питомого споживання енергоресурсів, то це не дозволить провести об'єктивний відбір об'єктів енергетичного моніторингу. Тому пропонується перелік показників доповнити. По результату для вибору пріоритетних об'єктів енергетичного моніторингу пропонується застосовувати наступний набір показників: *П1* – показник, що характеризує рік зведення будівлі; *П2* – показник, що характеризує рік проведення модернізації; *П3* – показник, що характеризує стан інженерних систем; *П4* – показник, що характеризує опалювальну площу; *П5* – показник, що характеризує внутрішню температуру; *П6* – показник, що характеризує питомих споживання електроенергії; *П7* – показник, що характеризує питомих споживання теплової енергії.

**Етап 2.** Кожний з наведених показників має свою шкалу вимірювань, що створює певні складності для їх застосування в математичних методах аналізу. З метою унормування цих показників пропонується застосовувати відповідні формули унормування:

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k}, \quad (2)$$

$$\bar{x}_k = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ik}, \quad (3)$$

$$s_k = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

де  $x_{ik}$  – значення ознаки  $k$  для одиниці  $i$ ;

$\bar{x}_k$  – середнє арифметичне значення ознаки  $k$ ;

$s_k$  – стандартне відхилення ознаки  $k$  для одиниці  $i$ .

**Етап 3.** Розрахунок елементів матриці відстаней з урахуванням всіх елементів матриці спостережень виконується за формулою:

$$d_{rs} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |z_{rk} - z_{sk}| \quad (r, s = 1, 2, \dots, m). \quad (5)$$

**Етап 4.** Об'єднання пар об'єктів в один кластер виконується шляхом розрахунку матриці відстаней або ступеня близькості та знаходження пари найближчих кластерів. За обраним алгоритмом ці кластери об'єднуються. Новому кластеру присвоюється менший із номерів кластерів, які об'єднуються. Далі етапи 1-3 повторюються доти, доки усі об'єкти не будуть об'єднані в один кластер.

Для полегшення оцінювання ступеня близькості об'єктів пропонується використовувати програмний комплекс *STATISTICA Data Mine* [3].

Запропонований алгоритм був апробований під час вибору пріоритетних об'єктів (житлових та громадських будівель) для енергетичного моніторингу міст Хмельницького, Южного та Чорноморську. При цьому в громадському секторі здійснювалося ранжування від 20 до 40 громадських будівель в залежності від конкретного міста. Щодо житлового сектору, то в ранжування приймала участь від 50 до 200 житлових будівель.

**Список використаних джерел:**

1. Розен В.П. Энергетический мониторинг как составляющая часть системы энергетического менеджмента [текст] / Розен В.П., Чернявский А.В. // Економічна безпека держави: стратегія, енергетика, інформаційні технології («Недінські читання – 2014»): монографія / За науковою редакцією д.т.н., проф. Лук'яненко С.О., к.е.н., доц. Карасвої Н.В. – К.: Видавництво ООО «Юрка Любченка», 2014. – 468 с. (С.261-270).
2. Чернявський А.В. Развитие энергетического мониторингу як основи муніципального енергетичного менеджменту [текст] / Чернявський А.В., Котляр Р.С. // Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-технічної та навчально-методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'16». – 2016. – С.109-110.

3. Data Mining: общий обзор STATISTICA Data Miner [електронний ресурс]/  
[http://statsoft.ru/products/STATISTICA\\_Data\\_Miner/](http://statsoft.ru/products/STATISTICA_Data_Miner/)