

## КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЗА ДОПОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Волинець В. І., Грицюк Ю. В.

*Луцький національний технічний університет*

*У роботі розглядається питання визначення однорідних за питомим електроспоживанням класів електротехнічних комплексів вугільних шахт методом ієрархічного кластерного аналізу.*

**Постановка проблеми.** Контрольні значення питомого споживання електроенергії визначаються в цілому для окремого вугільного об'єднання. У зв'язку з тим, що вугільні шахти знаходяться в різних гірничо-геологічних умовах, мають різне обладнання тощо, необхідно визначити однорідні класи об'єктів, для яких визначаються показники ефективності споживання електроенергії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Методи кластерного аналізу для аналізування енергетичних об'єктів вперше було застосовано для: класифікації режимів електроспоживання гірничо-видобувних підприємств [1], класифікації районів за станом енергетичної безпеки [2]. Постановка задач класифікації за ефективністю використання електричної енергії електротехнічними комплексами вугільних шахт була виконана в [3].

Під час визначення рівня енергетичної ефективності виробничих систем, таких, як вугільні шахти, доцільним є визначення питомого споживання електроенергії не в цілому по регіону, а для окремих груп з приблизно однаковими умовами функціонування. У випадку з вугільними шахтами доцільно враховувати гірничо-геологічні умови, що впливають на їх роботу. Задача класифікації електротехнічних комплексів вугільних шахт за ступенем однорідності може бути розв'язана з використанням методу кластерного аналізу.

**Формування мети.** Метою даної статті є ідентифікація однорідних за питомим електроспоживанням класів електротехнічних комплексів вугільних шахт, що базується на методі класифікації ієрархічного кластерного аналізу.

**Математична постановка задачі класифікації.** Задано вибірку попередньо оброблених векторів даних  $\{x_p\}$ . Простір векторів даних позначено  $E$ . Кожному класу відповідає деяке ядро  $a$ . Простір ядер позначено  $A$ . Для кожного  $x \in E$  і  $a \in A$  оцінюється відстань  $d(x, a)$  з використанням вибраного методу. Для кожного набору з  $k$  ядер  $a_1, \dots, a_k$  і довільного розбиття  $\{x_p\}$  на  $k$  класів  $\{x_p\} = P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_k$  визначається критерій якості

$$D = D(a_1, a_2, \dots, a_k, P_1, P_2, \dots, P_k) = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in P_i} d(x, a_i). \quad (1)$$

Необхідно визначити набір  $a_1, \dots, a_k$  і розбиття  $\{x_p\} = P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_k$ , які мінімізують  $D$ .

На кожному кроці й етапі алгоритму критерій якості  $D$  має зменшуватися. Таким чином забезпечується збіжність алгоритму, тобто, після скінченної кількості кроків розбиття структура множини  $\{x_p\} = P_1 \cup P_2 \cup \dots \cup P_k$  не змінюється.

В якості технологічних параметрів, які суттєво впливають на рівень енергоспоживання електротехнічного комплексу вугільної шахти, були прийняті наступні:  $X_1$  – річний обсяг видобутку корисної копалини, т;  $X_2$  – річний рівень проведення підготовчих виробок, м;  $X_3$  – середньодинамічна потужність пластів корисної копалини, м;  $X_4$  – середньорічний притік води в шахту, м<sup>3</sup>/год;  $X_5$  – середньоспискова чисельність виробничого персоналу, чел;  $X_6$  – глибина залягання пластів, м;  $X_7$  – кількість вугільних пластів, що розробляється, шт;  $X_8$  – газонасиченість пластів, м<sup>3</sup>/т;  $X_9$  – встановлена потужність ГШО, кВт.

Початкові дані матриці технологічних параметрів для 13 шахт ДП "Волиньвугілля" (шахти з порядковими номерами 1-4) та ДП "Львіввугілля" (шахти з порядковими номерами 5-13) наведено в таблиці 1.

Як зазначалося вище, метою проведення кластерного аналізу є створення наочної структури класів електротехнічних комплексів, які утворюють об'єкти класифікації. В якості методу кластерного аналізу було вибрано ієрархічний метод кластеризації, алгоритм якого складається з наступних етапів:

1. Нормування вихідних даних.
2. Розрахунок матриці відстаней або степені близькості.
3. Знаходження пари найближчих кластерів. За вибраним алгоритмом ці кластери об'єднуються. Новому кластеру присвоюється менший з номерів кластерів, які об'єднуються.
4. Етапи 2-4 повторюються доти, доки усі об'єкти не будуть об'єднані в один кластер.

Оскільки параметри, якими описуються досліджувані об'єкти, мають різну природу, необхідно провести нормалізацію початкових даних за формулою

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}. \quad (2)$$

Для оцінювання степеню близькості вибрано метод відстані міських кварталів. Об'єднання об'єктів виконувалося за стратегією зваженого попарного середнього.

Таблиця 1 – Технологічні параметри вугільних шахт

| Номер шахти | Електро-споживання, кВт·год | Технологічні параметри |           |           |                             |             |           |            |                           |             |  |
|-------------|-----------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------|-----------|------------|---------------------------|-------------|--|
|             |                             | $X_1$ , т              | $X_2$ , м | $X_3$ , м | $X_4$ , м <sup>3</sup> /год | $X_5$ , чол | $X_6$ , м | $X_7$ , шт | $X_8$ , м <sup>3</sup> /т | $X_9$ , кВт |  |
| 1           | 13814046                    | 47022                  | 537       | 1,28      | 142                         | 728         | 370       | 2          | 11,4                      | 492         |  |
| 2           | 12696994                    | 121105                 | 1891      | 1,14      | 243                         | 828         | 380       | 1          | 4,7                       | 382         |  |
| 3           | 43269356                    | 137900                 | 1028      | 1,01      | 39                          | 872         | 380       | 2          | 4,9                       | 800         |  |
| 4           | 20690503                    | 224605                 | 2400      | 1         | 101                         | 1029        | 378       | 2          | 4,9                       | 660         |  |
| 5           | 11486690                    | 243300                 | 1677      | 1,54      | 39,6                        | 712         | 489       | 2          | 3,8                       | 614         |  |
| 6           | 5977072                     | 126980                 | 719       | 1,5       | 11,3                        | 554         | 460       | 1          | 2,4                       | 382         |  |
| 7           | 16597466                    | 486080                 | 3078      | 1,56      | 11,6                        | 1318        | 477       | 4          | 3,3                       | 1738        |  |
| 8           | 14225089                    | 530670                 | 2452      | 1,8       | 13                          | 1339        | 540       | 4          | 4                         | 874         |  |
| 9           | 25435630                    | 233930                 | 1232      | 1,47      | 3,6                         | 921         | 515       | 2          | 3,8                       | 550         |  |
| 10          | 12818989                    | 61600                  | 1439      | 1,47      | 19,8                        | 775         | 485       | 1          | 1,5                       | 690         |  |
| 11          | 10248971                    | 120362                 | 76        | 1,34      | 27                          | 788         | 457       | 4          | 3,1                       | 962         |  |
| 12          | 42930059                    | 373100                 | 2338      | 1,35      | 178                         | 1294        | 540       | 2          | 27,62                     | 550         |  |
| 13          | 19407825                    | 452800                 | 2601      | 1,18      | 31,98                       | 1145        | 495       | 2          | 4,6                       | 550         |  |

Для ділення множини електротехнічних комплексів вугільних шахт на класи за технологічними параметрами використовувався ієрархічний метод кластеризації. Початкові дані відповідали періоду часу з 2005 по 2010 роки й визначалися для кожного року окремо, з метою виявлення тенденції зміни структури класів із року в рік.

Для класифікації було використано ППП STATISTICA. На рис. 1 та рис. 2 представлено ієрархічне кластерне дерево та діаграму відстаней для покорокового об'єднання шахт за технологічними параметрами станом на 2010 рік.

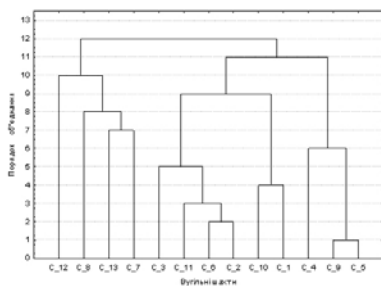


Рисунок 1 – Ієрархічне кластерне дерево вугільних шахт

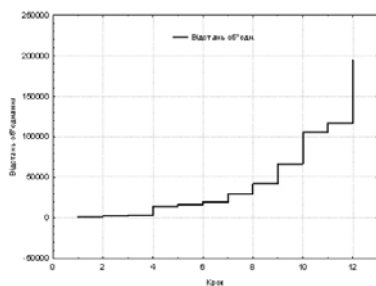


Рисунок 2 – Діаграма відстаней при покороковому об'єднанні вугільних шахт

**Висновок.** Отже, у результаті проведеної класифікації електротехнічних комплексів шахт за технологічними параметрами є виділення чотирьох однорідних за питомим електроспоживанням класів: до першого класу належать шахти: Шахта №1, "Бужанська", Шахта №5 та "Зарічна"; до другого класу належать шахти: Шахта №9 та "Візейська"; до третього класу належать шахти: "Великомостівська", "Лісова" та "Степова"; до четвертого класу – шахти: "Бендюзька", "Межирічанська", "Відродження" та "Червоноградська".

Аналізуючи ієрархічне дерево можна легко встановити структуру об'єктів всередині класу та взаємозв'язок класів між собою. Використання цього методу дає широкі можливості для вибору способу визначення відстані між об'єктами та порядку об'єднання класів між собою. Метод дозволяє проводити розрахунки за різного характеру початкової інформації. Але слід зазначити, що у випадку необхідності класифікації додаткових об'єктів виникає потреба у перерахунку всієї кластерної діаграми.

#### Список використаних джерел

1. Праховник А. В. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / А. В. Праховник, В. П. Розен, В. В. Дегтярев. – М.: Недра, 1985. – 232 с. – ISBN 966-7665-23-2.
2. Розен В. П. Районування адміністративних одиниць Волинської області відповідно до стану їх енергобезпеки / В. П. Розен, П. П. Ішук // Промелектро. – 2005. – № 4. – С. 40-45.
3. Находов В. Ф. Нормирование и оценка эффективности электропотребления в промышленности (на примере угольных шахт): Дисс. канд. техн. наук.: 05.09.03 / Находов В. Ф. – К.: КПИ, 1986. – 175 с.

#### Аннотация

### КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ С ПОМОЩЬЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Вольнец В. И., Грицюк Ю. В.

В работе рассматривается вопрос определения однородных по удельному электропотреблению классов электротехнических комплексов угольных шахт методом иерархического кластерного анализа.

#### Abstract

### CLASSIFICATION OF ELECTRICAL ENGINEERING COMPLEXES OF COAL MINES BY MEANS OF CLUSTER ANALYSIS

The paper considers the issue of the definition of homogeneous electric power consumption classes of coal mines by the method of hierarchical cluster analysis.