

БЕНЧМАРКІНГ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОПРОВІДНИХ ГОСПОДАРСТВ: ФОРМУВАННЯ ГРУПИ ПАРТНЕРІВ

Давиденко Л. В.

Луцький національний технічний університет

Запропоновано принципи урахування вихідного стану водопровідних господарств та умов їх роботи під час формування групи партнерів бенчмаркінгу енергоефективності.

Постановка проблеми. Згідно рекомендацій Міжнародного енергетичного агентства стосовно політики підвищення енергоефективності в різних секторах важливо забезпечити в комплексі спостереження, контроль, реалізацію та оцінку заходів підвищення рівня енергоефективності. Для цього необхідно створити систему для порівняння показників енергоефективності з кращими показниками в галузі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Енергоефективність - це комплексна категорія, для якої складно розрахувати узагальнений показник. Аналіз енергоефективності без необхідності узагальнення показників енергоефективності, а лише на підставі виявлених їх еталонних значень, є можливим за умови використання процедур порівняльного аналізу – концепції бенчмаркінгу [1]. Згідно Додатку А до ISO 50001:2011 [2] бенчмаркінг позиціонується як один з інструментів підтримки і безперервного покращення діяльності у сфері енергозбереження. Результати бенчмаркінгу дозволять виявити прогалини в ефективності у порівнянні з іншими. При цьому запорукою отримання інформативних результатів є коректний вибір "партнерів бенчмаркінгу", що визначається багатьма факторами. Придатні для здійснення бенчмаркінгу партнери мають бути не лише найкращими, але й мати показники можливі для порівняння з даним об'єктом дослідження [3]. Отже, постає проблема формування групи об'єктів, які є однотипними не лише за показниками енергоефективності, але й за умовами вихідного стану, режимами роботи тощо.

Мета статті. Підвищення інформативності результатів бенчмаркінгу шляхом урахування умов вихідного стану та режиму роботи об'єктів.

Основні матеріали дослідження. Бенчмаркінг енергоефективності слід розглядати як процедуру планомірного вивчення кращих практик ефективності енергоспоживання, порівняння характеристик об'єкту дослідження енергоефективності з еталонними зразками для виявлення сильних та слабких сторін та впровадження досягнень інших об'єктів.

Одним із способів бенчмаркінгу є визначення рейтингу об'єкту на основі багатомірного порівняння групи об'єктів, яке передбачає визначення еталонних значень показників енергоефективності, формування "зразка" енергоефективності та визначення відстаней до нього, виявленню кращих (гірших) об'єктів. Порівняння енергоефективності кількох подібних об'єктів передбачає ранжування об'єктів або сортування їх у групи за рівнем енергоефективності для ідентифікації відмінностей між кращим і гіршим об'єктами. При цьому необхідним є одночасне аналізування показни-

ків енергоефективності кількох подібних об'єктів та їх моніторингу. Але результати бенчмаркінгу будуть відображати відмінності в ефективності енергоспоживання об'єктів, а також відмінності між самими об'єктами (наприклад, їх вихідного стану), тобто, виникає проблема урахування відмінностей між не достатньо однотипними об'єктами [3].

Задача формування груп партнерів бенчмаркінгу на основі пошуку подібних об'єктів може бути розв'язана шляхом використання теорії розпізнавання образів, згідно якої об'єкту дослідження ставиться у відповідність певний набір ознак. Образи групуються в кластери, на які розбивається множина реалізацій досліджуваного процесу. Об'єкти – водопровідні господарства структурних одиниць регіону (районів, міст). Ознаки – параметри, що описують об'єкт. Кластер - група подібних об'єктів. Зважаючи на відсутність інформації щодо можливих класів на початковому етапі доцільним є використання процедур розпізнавання образів "без учителя" (автоматичної класифікації) - кластерного аналізу (КА). КА вимагає виконання таких етапів: визначення множини ознак для кластеризації; визначення відстані та міри подібності - критеріїв оптимальності групування (метрик); проведення кластер-процедури, використовуючи відповідні стратегії об'єднання; перевірка достовірності отриманих результатів.

Для опису вихідного стану водопровідних господарств та умов їх роботи використано характеристики, які зафіксовано окремо для міських поселень $x_{m,i}$ та сільської місцевості $x_{c,i}$: x_1 – протяжність мереж; x_2 – кількість абонентів; x_3 – установлена виробнича потужність насосних станцій першого підйому; x_4 – установлена виробнича потужність споруд з очищення води; x_5 – установлена виробнича потужність насосних станцій водопроводу; x_6 – піднято води насосними станціями першого підйому; x_7 – піднято води з підземних джерел насосними станціями першого підйому; x_8 – піднято води з поверхневих джерел насосними станціями першого підйому; x_9 – подано води у мережу насосами; x_{10} – подано води у мережу самопливом; x_{11} – подано води у мережу, яку одержано зі сторони; x_{12} – відпущено води населенню; x_{13} – відпущено води підприємствам, установам, організаціям на господарсько-побутові потреби; x_{14} – відпущено води іншим водопроводам, водопровідним мережам.

Для виконання КА вибрано ієрархічний агломеративний метод, який дозволяє будувати класифікації n об'єктів шляхом ієрархічного об'єднання їх у кластери дедалі більш високої схожості на основі заданого критерію. В якості критерію оптимальності викорис-

товують міри відстані: відстань Махаланобіса, Евклідова відстань, зважена евклідова відстань, Хеммінгова відстань; а як стратегії об'єднання - відстань "найближчого сусіда", відстань "дальнього сусіда", незважене та зважене попарне середнє, незважений та зважений центроїдний методи, метод Варда [4].

Оскільки методи ієрархічного КА не передбачають визначення оптимальної кількості кластерів, а лише послідовно групують кластери, то одним з актуальних питань є оцінювання результатів та пошук розбиття, що найкраще відповідає структурі даних, тобто перевірка обґрунтованості кластерного рішення. Однак, в стандартних статистичних пакетах оцінка результатів розбиття на класи не передбачена, тому алгоритм ієрархічного КА використано як попередній для визначення числа класів, а потім використано метод k-means - ітеративний метод еталонного типу, заснований на принципі мінімізації внутрішньокластерної дисперсії та прийнятний для використання у випадку великої кількості спостережень [4].

Дослідження виконано на прикладі водопровідних господарств Волинської області. КА виконано за допомогою пакету прикладних програм Statistica 6.0.: підмодуль Joining (Tree clustering) та K-means стандартного модулю Cluster Analysis. Для виконання ієрархічного КА за міру схожості вибрано Евклідову відстань, а за стратегію об'єднання кластерів - метод Повного зв'язку. Результатом КА є побудова дендрограми (рис.1). Результати ієрархічного КА вказують на наявність трьох кластерів.

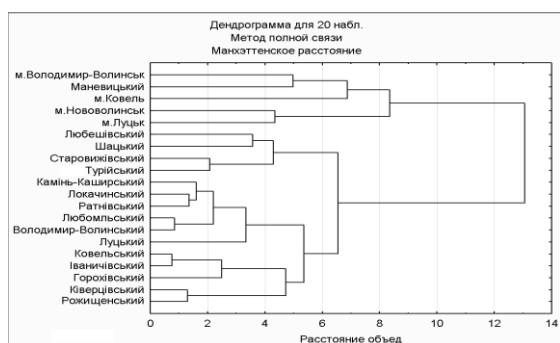


Рисунок 1 – Деревоподібна ієрархічна кластеризація водопровідних господарств Волинської області

Розбиття об'єктів на групи однотипних виконано методом k-середніх та отримано групи однотипних об'єктів: 1 кластер - м. Луцьк, м. Вол.-Волинський, м. Ковель, м. Нововолинськ; 2 кластер - райони: Любешівський, Шацький, Старовижівський, Турійський; 3 кластер - райони: Луцький, Вол.-Волинський, Камінь-Каширський, Любомльський, Ковельський, Іваничівський, Горохівський, Ківерцівський, Рожищенський, Маневичький, Ратнівський, Локачинський.

Отже, першу групу утворили водопровідні господарства міст, які мають потужні водоканали з кількома водозаборами та розгалуженою міською водопровідною мережею (обласний центр та міста обласного значення). Об'єкти, що утворили другу та третю групу різняться за часткою водопровідних господарств міст районного значення, селищ міського типу та сільської місцевості (об'єкти другої групи не мають

міст районного значення та мають малу частку селищ міського типу), що зумовлює відмінності в структурі водопровідного господарства та режимі роботи.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено: змінні $x_2, x_{10}, x_{11}, x_{14}$ мають не значний вплив на класифікацію водопровідних господарств структурних одиниць Волинської області. Тому їх варто виключити з розгляду. Отримані результати підтвердили обґрунтованість розбиття сукупності спостережень на вибрану кількість кластерів, надійність виділених кластерів, однорідність класифікаційних ознак та значимість їх внеску в розподіл об'єктів на групи.

Висновки. Використання методів КА дало обґрунтоване підтвердження відмінностей у водопровідних господарствах структурних одиниць Волинської області та виділити групи однотипних об'єктів – партнерів бенчмаркінгу за умовами вихідного стану та умовами їх роботи.

Список використаних джерел

1. Розен В. П. Методологія бенчмаркінгу енергоефективності для промисловості України / В. П. Розен, Б. Л. Тишевич, П. В. Розен // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – № 06 (100). – С. 9-19.
2. ISO 50001:2011. Energy management systems - Requirements with guidance for use. ANSI, 2011. – 23 p.
3. Давиденко Л. В. Механізм бенчмаркінгу енергоефективності об'єктів складних виробничих систем та принципи його реалізації / Л. В. Давиденко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2015. – № 11. С. 11-18.
4. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL / Э. А. Вуколов. – Москва: ФОРУМ, 2008. – 464 с.

Аннотация

БЕНЧМАРКИНГ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПРОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА: ФОРМИРОВАНИЕ ГРУППЫ ПАРТНЕРОВ

Давыденко Л. В.

Предложены принципы учета исходного состояния водопроводных хозяйств и условий их работы при формировании группы партнеров бенчмаркинга энергоэффективности.

Abstract

BENCHMARKING OF ENERGY EFFICIENCY OF PLUMBING ENTERPRISES: FORMING A GROUP OF PARTNERS

L. Davydenko

The principles of taking into consideration the initial state of the plumbing enterprises and their work conditions during the formation of energy efficiency benchmarking partners group have been proposed.