

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Розен В. П.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

Ткаченко В. Ф.

Черкаський державний технологічний університет

Аннотация. Проведен анализ публикаций на предмет применения кластерного анализа для решения вопросов энергоэффективности. При помощи кластерного анализа проведена кластеризация зданий Черкасского государственного технологического университета. Определены системообразующие факторы для кластеров. Определены размерности для расчета удельных норм потребления электроэнергии внутри кластера.

Ключевые слова: Энергетическая эффективность, кластерный анализ.

MONITORIZAREA ENERGETICĂ A EDIFICIILOR ÎNSTITUȚIILOR DE ÎNVĂȚĂMÂNT SUPERIOR

Rozen V. P.

Universitatea Națională Tehnică a Ucrainei “ Institutul Politehnic din Kiev”,

Tkachenko V. F.

Universitatea Tehnologică de Stat din Cernăuți

Rezumat. În lucrare se prezintă rezultatele analizei publicațiilor cu scopul utilizării în analizele pe cluster la soluționarea problemelor de sporire a eficienței energetice. În baza metodologiei analizei cluster s-a elaborat schema clusterului edificiilor Universității Tehnologice de Stat din or. Cernăuți. S-au determinat factorii fundamentali privind clusterul examinat. S-au determinat unitățile de măsurare pentru efectuarea calculelor normativelor specifice de consum a energiei electrice în elementele ce formează clusterul.

Cuvinte-cheie: Eficiență energetică, analiză de cluster.

ENERGY MONITORING OF BUILDINGS OF UNIVESITIES

Rozen V. P.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

Tkachenko V. F.,

Cherkasy State Technological University

Abstract. Publications for cluster analysis application in order to solve energy efficiency problems were analyzed. With the help of cluster analysis the cauterization of buildings of Cherkasy State Technological University is carried out. System-forming factors for clusters and dimensions for the calculation of energy intensity norms within a cluster have been determined.

Keywords: Energy efficiency, cluster analysis.

1. Постановка задачи исследования

В последнее время все больше внимания уделяется проблемам управления процессами энергосбережения и энергоэффективности в системе высшего образования Украины. Известно, что в состав высших учебных заведений входит большое количество зданий разного технологического назначения – это учебные и лабораторные корпуса, общежития, столовые, библиотеки и т. д. Вопросы управления энергосбережением, энергетического мониторинга и внедрения службы энергоменеджмента в учебных заведениях на сегодня является вопросом приоритетного развития системы образования Украины. Современные методы определения энергетической эффективности ВУЗов, как правило, в качестве оценки используют удельное потребление электроэнергии в целом по ВУЗу. Такой подход не позволяет оценить эффективность использования энергии по отдельным объектам в связи с тем, что здания имеют различные назначение, построены в разное время с различных материалов. Поэтому предлагается провести декомпозицию объектов ВУЗа на однородные группы с использованием кластерного анализа.

2. Анализ последних источников исследований и публикаций, в которых впервые предпринято решение данной проблемы

Для объединения зданий вуза в однородные группы и определения причин такого объединения предложено использовать кластерный анализ. Для решения задач, связанных с эффективным потреблением топливно-энергетических ресурсов, методы кластерного анализа начали использовать в 80-х годах прошлого века. В работе [1] были классифицированы режимы электропотребления горнодобывающих предприятий, в работах [2, 3, 4] были решены задачи классификации районов по энергетической безопасности. Классификация угольных шахт по эффективности использования электрической энергии рассмотрена в работе [5]. Во всех работах показано эффективность использования кластерного анализа для нахождения однородных классов в решаемых задачах.

3. Формулирование целей и задач статьи

Целью статьи является повышение эффективности оценивания уровня использования электрической энергии высшими учебными заведениями за счет анализа влияния технологических назначений зданий на удельное потребление электрической энергии; определение однородных по электропотреблению объектов; определение факторов, которые лежат в основе формирования кластера.

4. Методика исследования и исходные данные

Для определения однородных кластеров зданий университета были выделены пять факторов, которые влияют на Y – фактическое потребление электроэнергии: X_1 – высота здания; X_2 – количества этажей; X_3 – полезная площадь помещений здания; X_4 – среднерасчётное количество людей, которые могут находиться в помещении; X_5 – общая площадь помещений здания. Корреляционный анализ [6] показал, что только два фактора X_4 и X_5 имеют коэффициент корреляции близкий к 0,9, а остальные факторы имеют значение коэффициента корреляции ниже 0,4. Этот факт послужил основанием выбора факторов для дальнейшего исследования (табл. 1). В связи с тем, что факторы имеют разную физическую природу, было произведено их нормирование по формуле [7]:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{y_j} \quad (1)$$

Таблица 1

Факторы, которые влияют на электропотребление зданий учебного заведения

| | X_4 | X_5 | Y |
|---------------------|-------|---------|--------|
| Учебный корпус № 1 | 1164 | 10592,3 | 268080 |
| Учебный корпус № 2 | 1014 | 8300,7 | 213060 |
| Учебный корпус № 3 | 535 | 2223,9 | 74720 |
| Учебный корпус № 4 | 1593 | 8287,6 | 130640 |
| Учебный корпус № 5 | 319 | 1176 | 22731 |
| Учебный корпус № 6 | 50 | 1051,35 | 32780 |
| Учебный корпус № 7 | 100 | 1979,2 | 30460 |
| Учебный корпус № 8 | 598 | 2705,2 | 56678 |
| Учебный корпус № 9 | 453 | 1363,8 | 15499 |
| Учебный корпус № 10 | 577 | 2920,3 | 49547 |
| Общежитие № 1 | 305 | 3643,3 | 193556 |
| Общежитие № 2 | 634 | 10540,9 | 612426 |
| Общежитие № 3 | 292 | 3615,2 | 193610 |
| Общежитие № 4 | 226 | 2097 | 110000 |

С помощью пакета статистического анализа STATISTICA 6.0 было осуществлено группирование объектов для 14 зданий университета. Кластеризация проведена методом иерархий по правилу объединения – полной связи и выбран метод близости – евклидово расстояние.

Для визуализации результатов кластерного анализа была построена древовидная дендрограмма (рис. 1). Из рис.1 видно, что здания учебных корпусов (К № 1, К № 2) на евклидовом расстоянии 0,740 объединяются. Здания учебных корпусов (К № 3, К № 8, К № 10, К № 5, К № 9) при евклидовом расстоянии 0,787 объединяются в свою группу. Здания учебных корпусов (К № 6, К № 7) при евклидовом расстоянии 0,287 тоже объединились в свою группу, и здания общежитий (О № 1, О № 3) при евклидовом расстоянии 0,709 также формируют свою группу. Только здания учебного корпуса № 4 и общежития № 2 по своим технологическим параметрам не имеют сходства ни с одной из ранее перечисленных групп, поэтому эти здания образовали единичные, самостоятельные классы.

Анализ сформированных кластеров исследуемых зданий вуза рис. 1 позволил сформировать шесть типичных кластеров:

1. Кластер 1 – здания учебных корпусов № 1 и № 2 проектировались, как учебно-лабораторные корпуса для технического вуза и были построены в 1983 году (учебный корпус № 1) и в 1970 году (учебный корпус № 2).
2. Кластер 2 – здание учебного корпуса № 4 проектировалось, как учебно-лабораторный корпус для механического факультета и было построено в 1991 году.
3. Кластер 3 – здание общежития № 2 проектировалось, как студенческое общежитие блочного типа улучшенной планировки и было построено в 1987 году.

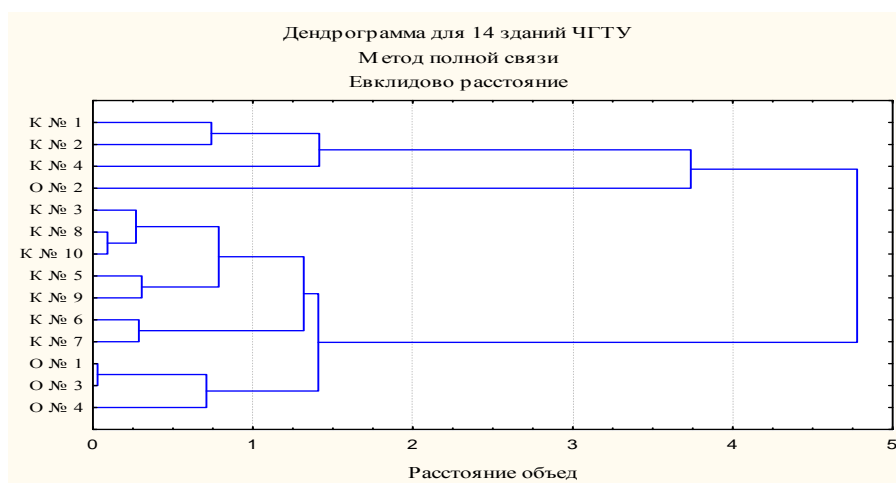


Рис. 1. Дендрограмма объединения объектов в кластеры по данным табл. 2

4. Кластер 4 – здания учебных корпусов № 3 и № 10 проектировались, как учебно-лабораторные корпуса и были построены, соответственно, в 1972 и 1975 годах. Здания учебных корпусов № 5, № 8, № 9 проектировались как детсады, причем, учебные корпуса № 5 и № 9 строились по однотипному проекту, что сразу отобразилось на рис. 1. Построены учебные корпуса: № 5 – в 1970 году, № 8 – в 1975 году, № 9 – в 1969 году. На сегодняшний день все отмеченные здания перепланированы под учебно-лабораторные корпуса.

5. Кластер 5 – здания учебных корпусов № 6 и № 7 проектировались как сооружения для проведения спортивных мероприятий (спортзалы) и были построены: учебный корпус № 6 – в 1968 году, а учебный корпус № 7 – в 1992 году.

6. Кластер 6 – здания общежитий № 1, № 3, № 4 проектировались, как студенческие общежития коридорного типа и были построены: общежитие № 1 – в 1970 году, общежитие № 3 – в 1965 году, общежитие № 4 – в 1963 году.

Информация о типичных кластерах дает возможность сделать вывод о том, что технологическое назначение зданий имеет основное влияние на формирование кластеров, что подтверждается в научно-технической литературе [8] и нормативной документации [9].

Как и предусматривалось, по технологическому назначению и геометрическим параметрам О № 2 и К № 4 образовали самостоятельные кластеры.

Для проведения последующего анализа потребления электроэнергии зданиями учебного заведения были определены центры кластеров представленные в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения факторов внутри кластеров

| № кластера | Y | X_4 | X_5 |
|------------|-------|-------|-------|
| Кластер 1 | 0,618 | 1,219 | 1,464 |
| Кластер 2 | 0,079 | 2,383 | 1,133 |
| Кластер 3 | 2,974 | 0,168 | 1,777 |
| Кластер 4 | 0,629 | 0,150 | 0,641 |
| Кластер 5 | 0,707 | 1,124 | 0,802 |
| Кластер 6 | 0,143 | 0,663 | 0,344 |

Следовательно, установлено, что системообразующим фактором для кластеров 2, 5, 6 является фактор X_4 – KL – среднерасчётное количество людей, которые могут находиться в помещении, а для кластеров 1, 3, 4, фактор X_5 – $S_{здан}$ – общая площадь помещений здания.

Таким образом, на основе многокритериального статистического анализа можно сделать вывод о том, что потребление электрической энергии исследуемыми зданиями первого, третьего и четвертого кластеров можно описать одним фактором $S_{здан}$ – общая площадь помещений здания, а второго, пятого и шестого – фактором KL – среднерасчётное количество людей, которые могут находиться в помещении. Полученные для названных кластеров зависимости с иным количеством факторов усложняют интерпретацию результатов, при этом не улучшат качество модели. Также можно утверждать, что для кластеров 2, 5, 6, $Y = f(KL)$, удельные расходы электроэнергии нужно рассчитывать как расходы электрической энергии на одного человека, который находится в здании, (кВт·ч/чел), а для кластеров 1, 3, 4 $Y = f(S_{здан})$, удельные расходы электроэнергии нужно рассчитывать как расходы электрической энергии на 1 м² общей площади здания (кВт·ч/м²).

5. Выводы

1. Кластерный анализ с использованием иерархического алгоритма, по правилу объединения – полной связи и выбранного метода близости – евклидово расстояние, даёт возможность объединить здания вуза в кластеры по энерготехнологическим параметрам зданий.
2. Физическое содержание структуры кластеров, которые сгруппированы по технологическим и проектным назначениям зданий, не противоречит существующим методикам расчета норм расходов топливно-энергетических ресурсов, но позволяет лучше аргументировать выбор единиц измерения удельного потребления, что является новым подходом к выбору размерности удельных показателей электропотребления.
3. Результаты кластеризации позволяют разрабатывать энергосберегающие мероприятия не для каждого объекта отдельно, а для группы объектов внутри кластеров, что положительно влияет на принятие управленческих решений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Праховник А. В. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / А. В. Праховник, В. П. Розен, В. В. Дегтярев. – М. : Недра, 1985. – 232 с.
- [2] Розен В. П. Прогнозирование показателей и классификация состояния энергетической безопасности региона / В. П. Розен, А.-М. М. Танский // Энергетика: економіка, екологія. – 2005. – № 2. – С. 101–109.
- [3] Розен В. П. Районування адміністративних одиниць Волинської області відповідно до стану їх енергобезпеки / В. П. Розен, П. П. Іщук // Промелектро. – 2005. – № 4. – С. 40–45.
- [4] Розен В. П. Кластерний аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів на прикладі Черкаської області / В. П. Розен, С. М. Мильніченко // Вісник НТТУ «КПІ». – 2010. – Вип. 19. – (Серія : «Гірництво»).
- [5] Находов В. Ф. Нормирование и оценка эффективности электропотребления в промышленности (на примере угольных шахт): автореф. дисс. канд. техн. наук. – К., 1986. – 16 с.
- [6] Розен В. П. Обґрунтування застосування алгоритму Фаррара-Глобера для зменшення факторного простору впливу на електроспоживання будівлями ВНЗ / В. П. Розен, В. Ф. Ткаченко // Економічна безпека держави і науково-технічні аспекти її реалізації: праці IV міжнар.наук.-практ. сем. – 2012. – 205 с.
- [7] Сошникова Л. А. Многомерный статистический анализ в экономике : учеб.пособие для вузов / Л. А. Сошникова, В. Н. Тамашевич ; под ред. проф. В. Н. Тамашевича. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.
- [8] Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия / М. Жамбю – М. : Финансы и статистика, 1988. – 342 с.
- [9] Норми витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. – Київ, 1999.
- [10] Боровиков В. П. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере / В. П. Боровиков, Г. И. Ивченко. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 350 с.

Сведения об авторах:



Розен Виктор Петрович, к.т.н, профессор, заведующий кафедрой автоматизации управления электротехническими комплексами Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Контакты: тел./факс: +38-044-406-82-25; e-mail: auek@ukr.net. Область научных интересов: энергетика, энергосбережение, энергетический менеджмент, стандартизация.



Ткаченко Валентин Фёдорович, начальник эксплуатационно-технического отдела Черкасского государственного технологического университета. Контакты : тел. +38-0472-71-00-91; e-mail: tcach_v@mail.ru. Область научных интересов: энергетика, энергосбережение, энергетический менеджмент.