

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Волинець В. І., Добровольська Л. Н.

Луцький національний технічний університет

В роботі розглядається питання оцінювання ефективності використання електроенергії на підприємствах вугільної галузі за правилом Борда.

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку світового енергетичного ринку енергетика України є базовою галуззю та нині залишається основою національної економіки й важливим фактором її розвитку. В останні роки в Україні особливої актуальності набули питання підвищення енергоефективності та раціонального використання електричної енергії. Однією з найважливіших та найактуальніших галузей ПЕК України є вугільна промисловість. Актуальність функціонування вугільної галузі України обумовлена її надзвичайно важливим місцем в економіці нашої держави, адже вугілля виступає єдиним національним енергоносієм, який здатен забезпечити енергетичну безпеку та задовольнити існуючі потреби за рахунок власних ресурсів.

Враховуючи високу енергоємність вугледобувних підприємств, дослідженням з енергозбереження присвячено значну кількість робіт вчених, але незважаючи на це, існує нагальна потреба продовжити та більш глибоко дослідити питання підвищення ефективності використання електричної енергії на підприємствах вугільної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У зв'язку з тим, що зараз норми питомого споживання електричної енергії визначають для моніторингу загалом для вугільних об'єднань, то необхідно з метою оцінювання рівня ефективності електроспоживання окремих вугільних шахт, які належать до одного об'єднання та кластерного класу, визначити їх рейтинг.

Рангування соціально-економічних об'єктів будь-якої природи відноситься до задач теорії прийняття рішень і теорії колективного вибору. Дослідженню даної проблеми присвячена велика кількість робіт вчених, зокрема, [1, 2]. Такі правила застосовуються під час рейтингування наукових проєктів, проведення тендерів тощо.

У процесі оброблення та аналізу енерго-економічної інформації стану енергозбереження та ефективності електроспоживання вугільних шахт були використані правила рангування, де для кожної шахти обчислено суму рангів, отриманих від експертів – фахівців у галузі енергозбереження.

Формування мети. Метою даної статті є алгоритмічно та програмно реалізувати модулі оцінювання ефективності електроспоживання та рейтингування на підприємствах вугільної галузі.

Математична постановка задачі рангування. Нехай досліджувана система складається зі скінченної множини C_0 вугільних шахт C_i , $C_0 = \{C_i | i = \overline{1, m}\}$ [3].

Кожну вугільну шахту $C_i \in C_0$ характеризує скінченна множина C_0 показників C_j , $C_0 = \{C_j | j = \overline{1, n}\}$. Зі сформованої групи показників X_0 , використовують для рангування найбільш впливові (на думку експертів) показники X_k , $X_0 = \{X_k | k = \overline{1, l}\}$. Кожний показник $X_k \in X_0$ піддається аналізу по відношенню до усіх вугільних шахт.

Модель рангування вугільних шахт за допомогою правила Борда має таку структуру. За кожним показником x_{ij} впорядковують усі i -ті вугільні шахти від кращої до гіршої з точки зору ефективності електроспоживання. За останнє місце i -та вугільній шахті надається 0 балів, один бал – за передостаннє і так далі. За перше місце i -тій вугільній шахті надається $i-1$ бал. Згодом підраховуються бали, які отримані за кожним показником. В загальному рейтингу на перше місце віддають i -тій вугільній шахті з найбільшою сумою балів.

Алгоритм Борда [4], включає наступну послідовність дій.

Крок 1. Формується матриця спостережень. Вихідна множина складається з m елементів, що описані n ознаками; кожну її одиницю можна інтерпретувати як точку n -вимірного простору з координатами, рівними значенням n ознак для вугільної шахти, що розглядається. Матриця спостережень має наступний вигляд:

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

де m – кількість вугільних шахт; n – найменування показників для оцінювання; x_{ik} – значення ознаки k для i вугільної шахти.

В якості критеріїв для рангування використано такі показники як питома витрата електроенергії (X_1), видобуток вугілля (X_2) та продуктивність праці (X_3).

Ці показники, які були сформовані з урахуванням основних складових організаційно-технічного спря-

мування, які в повному обсязі відображають стан з енергозбереження та ефективності електроспоживання вугільних шахт.

Вхідні статистичні дані, отримані на вугільних шахтах за період з 2008 по 2013 рік, наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники ефективності функціонування вугільних шахт

Клас	Вугільна шахта	X1	X2	X3
2008 рік				
1	Шахта №1	185	76716	100
	Шахта №5	53	93134	128
	"Зарічна"	85	189100	228
...
4	"Великомостівська"	52	227300	344
	"Бендюзька"	28	419000	403
	"Межирічанська"	38	452700	372
	"Відродження"	38	450800	258
	"Червоноградська"	53	318500	288
...
2013 рік				
1	Шахта №1	161	55533	73
	Шахта №5	64	122575	125
	"Зарічна"	57	219050	287
...
4	"Великомостівська"	29	383610	530
	"Бендюзька"	-	-	-
	"Межирічанська"	28	568842	428
	"Відродження"	25	479136	365
	"Червоноградська"	49	359345	326

Крок 2. Для значень з матриці спостережень виконано нормування показників, оскільки вони мають різну фізичну природу. Нормування виконувалося за виразом:

$$a_{ij}^n = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Нормалізовані значення параметрів C_i , що характеризують ефективність електроспоживання вугільних шахт наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Таблиця результатів нормування характеристик ефективності електроспоживання вугільних шахт

Клас	Вугільна шахта	X1	X2	X3
1	2	3	4	5
2008 рік				
1	Шахта №1	0,215	0,020	0,030
	Шахта №5	0,061	0,025	0,038
	"Зарічна"	0,099	0,051	0,069

продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
...
4	"Великомостівська"	0,060	0,061	0,104
	"Бендюзька"	0,032	0,112	0,121
	"Межирічанська"	0,044	0,121	0,112
	"Відродження"	0,044	0,120	0,078
"Червоноградська"	0,061	0,085	0,087	
...
2013 рік				
1	Шахта №1	0,206	0,017	0,022
	Шахта №5	0,083	0,036	0,037
	"Зарічна"	0,073	0,065	0,086
...
4	"Великомостівська"	0,037	0,114	0,159
	"Бендюзька"	0,000	0,000	0,000
	"Межирічанська"	0,036	0,169	0,128
	"Відродження"	0,033	0,143	0,109
"Червоноградська"	0,062	0,107	0,097	

Крок 3. Ефективність електроспоживання кожної вугільної шахти оцінювалося з використанням коефіцієнта Борда [5]. Для кожного показника коефіцієнт Борда визначався за виразом:

$$B(C_i) = |\{C_k : C_i > C_k, C_k \in \{C_1, C_2, \dots, C_m\}\}|, \quad (3)$$

Крок 4. За коефіцієнтами, які визначалися для кожного показника, було розраховано результуючий коефіцієнт $B(C_i)$ для параметрів C_i :

$$B(C_i) = \sum_{j=1}^n \rho_j B_j(C_i), \quad i = \overline{1, m}, \quad (4)$$

де ρ_j – степінь важливості критеріїв, який визначається нормалізованими значеннями, тобто:

$$\sum_{j=1}^n \rho_j = 1, \quad \rho_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Значення проміжних коефіцієнтів Борда подано в таблиці 3.

Таблиця 3 – Значення проміжних коефіцієнтів Борда для вугільних шахт

Клас	Вугільна шахта	X1	X2	X3
1	2	3	4	5
2005 рік				
1	Шахта №1	0	0	0
	Шахта №5	2	1	1
	"Зарічна"	1	2	2
...
4	"Великомостівська"	1	0	2
	"Бендюзька"	4	2	4
	"Межирічанська"	2	4	3
	"Відродження"	2	3	0
"Червоноградська"	0	1	1	
...

продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
2010 рік				
1	Шахта №1	0	0	0
	Шахта №5	1	1	1
	"Зарічна"	2	2	2
...
4	"Великомостівська"	1	1	3
	"Бендюзька"	-	-	-
	"Межирічанська"	2	3	2
	"Відродження"	3	2	1
	"Червоноградська"	0	0	0

Крок 5. За допомогою коефіцієнта Борда $B(C_i)$ вугільні шахти було впорядковано за ступенем переважання. За необхідності коефіцієнти можна нормалізувати за стандартним правилом. Найбільш енергофактивна вугільна шахта C^* визначається з умови:

$$B(C^*) = \max_i B(C_i). \quad (6)$$

Значення коефіцієнтів Борда наведено в таблиці 4, а результати рангування за правилом Борда наведено у таблиці 5.

Таблиця 4 – Значення коефіцієнтів Борда для вугільних шахт

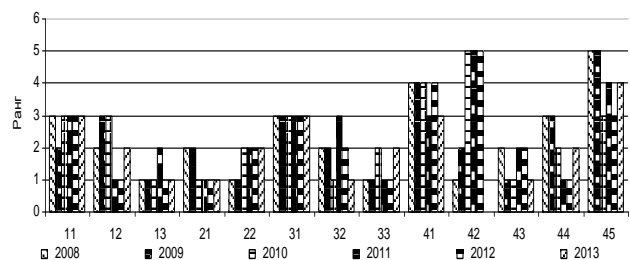
Клас	Вугільна шахта	Рангування вугільних шахт (коефіцієнти Борда)
2008 рік		
1	Шахта №1	0
	Шахта №5	4
	"Зарічна"	5
...
4	"Великомостівська"	3
	"Бендюзька"	10
	"Межирічанська"	9
	"Відродження"	5
	"Червоноградська"	2
...
2013 рік		
1	Шахта №1	0
	Шахта №5	3
	"Зарічна"	6
...
4	"Великомостівська"	5
	"Бендюзька"	-
	"Межирічанська"	7
	"Відродження"	6
	"Червоноградська"	0

Графічна інтерпретація рейтингового оцінювання подано на рис. 1. На горизонтальній вісі відкладається умовне позначення вугільної шахти з врахуванням їх поділу на однорідні класи (перша цифра показує до якого класу належить вугільна шахта, друга цифра відповідає порядковому номеру вугільної шахти).

Таблиця 5 – Підсумкові значення рангування вугільних шахт за правилом Борда

Клас	Вугільна шахта	Ранг
1	2	3
2008 рік		
1	Шахта №1	3
	Шахта №5	2
	"Зарічна"	1
...
4	"Великомостівська"	4
	"Бендюзька"	1
	"Межирічанська"	2
	"Відродження"	3
	"Червоноградська"	5
...
2013 рік		
1	Шахта №1	3
	Шахта №5	2
	"Зарічна"	1
...
4	"Великомостівська"	3
	"Бендюзька"	-
	"Межирічанська"	1
	"Відродження"	2
	"Червоноградська"	4

На вертикальній вісі відкладається сумарний ранг вугільних шахт з 2008 по 2013 рік.



11 – Шахта №1; 12 – Шахта №5; 13 – "Зарічна"; 21 – Шахта №9; 22 – "Візейська"; 31 – "Бужанська"; 32 – "Лісова"; 33 – "Степова"; 41 – "Великомостівська"; 42 – "Бендюзька"; 43 – "Межирічанська"; 44 – "Відродження"; 45 – "Червоноградська"

Рисунок 1 – Діаграма підсумкових рейтингових оцінок вугільних шахт

Таблиця 6 – Розподіл вугільних шахт за ефективністю споживання електроенергії

Показники ефективності	Рік	Розподіл за ефективністю споживання електроенергії вугільних шахт за групами			
		I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6
Краща(і) шахта(и)	2008	"Зарічна" Шахта №5	"Візейська"	"Степова"	"Бендюзька" "Межирічанська"
Гірша(і) шахта(и)		Шахта №1	Шахта №9	"Бужанська" "Лісова"	"Червоноградська" "Великомостівська"
Краща(і) шахта(и)	2009	"Зарічна"	"Візейська"	"Степова"	"Межирічанська" "Бендюзька"
Гірша(і) шахта(и)		Шахта №5 Шахта №1	Шахта №9	"Бужанська"	"Червоноградська"
Краща(і) шахта(и)	2010	"Зарічна"	Шахта №9	"Лісова"	"Межирічанська"
Гірша(і) шахта(и)		Шахта №5 Шахта №1	"Візейська"	"Бужанська"	"Бендюзька" "Великомостівська"
Краща(і) шахта(и)	2011	Шахта №5	Шахта №9	"Степова"	"Відродження"
Гірша(і) шахта(и)		Шахта №1 "Зарічна"	"Візейська"	"Бужанська" "Лісова"	"Бендюзька" "Червоноградська"
Краща(і) шахта(и)	2012	Шахта №5 "Зарічна"	Шахта №9	"Степова"	"Відродження"
Гірша(і) шахта(и)		Шахта №1	"Візейська"	"Бужанська"	"Бендюзька"
Краща(і) шахта(и)	2013	"Зарічна"	Шахта №9	"Лісова"	"Межирічанська"
Гірша(і) шахта(и)		Шахта №1	"Візейська"	"Бужанська"	"Червоноградська"

По-груповий розподіл вугільних шахт за ефективністю споживання електроенергії подано в таблиці 6. За результатами оцінювання ефективності використання електроенергії вугільними шахтами встановлено, що існують вугільні шахти, які в середині свого класу з року в рік зберігають певний показник ефективності (наприклад, показник ефективності "Гірша" зберігають такі вугільні шахти як "Відродження", "Межирічанська" та "Степова"; а показник ефективності "Краща" зберігають – "Червоноградська", "Великомостівська", "Бужанська" та Шахта №1).

Інші вугільні шахти мають тенденцію змінювати показники ефективності з року в рік. Причиною цього є зміна кількісних показників, за якими проводиться рангування, а також неточність статистичної та звітної інформації.

Програмна реалізація. Для автоматизації виконання розрахунків щодо класифікації вугільних шахт за технологічними параметрами та ранжування їх за енергетичною ефективністю розроблено алгоритми та програму з використанням середовища *Delphi*. Розроблене програмне забезпечення являє собою самостійний програмний продукт та використовується для рангування вугільних шахт, як за ефективністю енергоспоживання, так і за технологічними параметрами.

Головне вікно програми подане на рис. 2.

Початковими даними для рангування є: кількість критеріїв (показників) та їх назви; кількість об'єктів, що піддаються рангуванню та їх назви; кількість років дослідження (тривалість ретроспективи); матриця оцінок об'єктів за кожним критерієм; матриця сумарних критеріїв Борда. Вкладка Графічне представлення дає можливість графічного аналізу результатів роботи

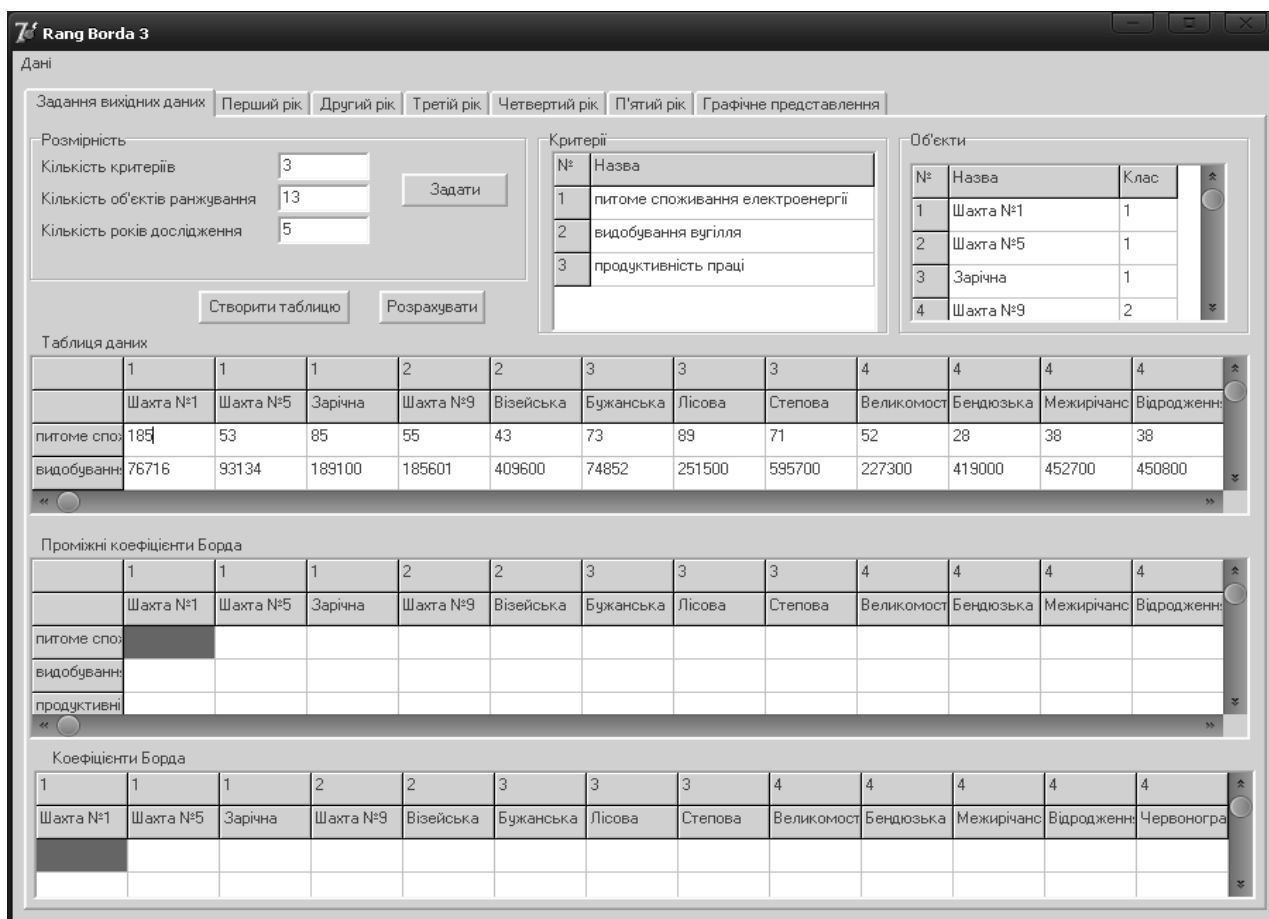


Рисунок 2 – Головне вікно програми

алгоритму рангування за правилом Борда, а також аналізу закономірностей в отриманих результатах.

Висновок. Отже, дослідження рівня ефективного використання електричної енергії на вугільних шахтах може проводитись за допомогою розробленого програмного забезпечення за правилом Борда. Програма може використовуватись як автономно, так і у складі автоматизованої інформаційної системи планування енергоспоживання вугільних шахт.

Список використаних джерел

1. Горбач А. В. Как определяются международные рейтинги государств / А. В. Горбач, М. М. Ковалев // Вестн. асоц. бел. банков. – 2000. – №33. – С. 25-28.
2. Мулен Э. Корпоративное принятие решений: аксиомы и модели / Э. Мулен. – М. : Мир, 1991. – 306 с. – ISBN 5-03-002131-0.
3. Методика визначення рейтингів університетів України – К. : НТУУ "КПІ", 2006. – 46 с.
4. Гасанов Г. Б. Рейтинговая оценка и регулирование деятельности распределительных электрических сетей в условиях нечеткости / Г. Б. Гасанов. – Львов : Львівська політехніка, 2006. – 116 с.
5. Методика определения рейтинга распределительных электрических сетей / Г. Б. Гасанов // Труды III Международной научно-практической конференции "Функционирование и развитие рынков электроэнергии и газа" (ФРЕГ - 2005). – Партенит (Крым, Украи-

на): НАН Украины, Институт проблем моделирования в энергетике им. Г. Е. Пухова, 2005. – С. 53-62.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Волынец В. И., Добровольская Л. Н.

В работе рассматривается вопрос оценивания эффективности использования электроэнергии на предприятиях угольной отрасли, используя правило Борда.

Abstract

RESEARCH OF EFFICIENCY OF USE OF ELECTRICITY ON THE ENTERPRISES OF COAL INDUSTRY

V. Volynets, L. Dobrovolska

In work examined question of evaluation of efficiency of the use of electric energy on the enterprises of coal industry by the Borda rule.