УДК 519.237.7 : 658.26

Г.О. Пудичева
Одеський національний економічний університет

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ СТАЛОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ ШКІЛ

У статті проведено оцінку сталого розвитку та його складових для енергетичного господарства загальноосвітніх шкіл за допомогою методу головних компонент.
Ключові слова: метод головних компонент, латентний показник, сталий розвиток, складові сталого розвитку, ранжування.

В статье проведена оценка устойчивого развития и его составляющих для энергетического хозяйства общеобразовательных школ с помощью метода главных компонент.
Ключевые слова: метод главных компонент, латентный показатель, устойчивое развитие, составляющие устойчивого развития, ранжирование.

The article presents the assessment of sustainable development and its components for public school energy sector through principal component analysis.
Keywords: principal component analysis, latent index, sustainable development, components of sustainable development, ranking.

В сучасних умовах одною з головних задач, що стають перед керівництвом енергетичного господарства, обслуговуючого загальноосвітні школи, є забезпечення його сталого розвитку. Виконання цієї задачі вимагає використання дієвих методів, алгоритмів та моделей з метою визначення рівня сталості загальноосвітніх шкіл. Оскільки сталий розвиток визначається трьома складовими (економічною, соціальною та екологічною), які, в свою чергу, можна охарактеризувати лише за допомогою цілої низки показників, оцінка сталості має проводитися на основі визначення тісноти зв'язків між цими показниками.

Енергетичне господарство школи представляє собою сукупність технічних засобів для її безперебійного забезпечення всіма видами енергії. Його діяльність має істотне значення в досягненні цілей сталого розвитку на місцевому рівні, адже повсякчас виникає проблема у пошуку варіантів для досягнення балансу між задоволенням зростаючих потреб в енергії та впливом від її використання на природні ресурси. Крім того, адекватне енергозабезпечення є важливим елементом у підтриманні якісних умов освіти, а значить використання енергії носить і соціальний характер. Тому, впровадження в роботу енергетичного господарства заходів щодо більш ефективного використання енергії та перехід на більш екологічно чисті технології суттєво необхідні в процесі руху до сталого розвитку. В такому випадку місцевим органам влади необхідно вжити заходів щодо створення економічно ефективних, соціально прийнятних та екологічно чистих енергетичних господарств. Зважаючи на велику кількість соціально значущих об'єктів, в першу чергу такі заходи необхідно здійснити там, де ситуація найгірша, тобто найнижчий рівень сталості. Однак через різну спрямованість цілей сталого розвитку показник сталості енергетичного господарства не може бути безпосередньо кількісно виміряним, тобто є латентним.

Визначення латентних показників, як правило, лежить у площині різних методів та підходів. В даній статті для оцінки рівня сталості енергетичного господарства школи пропонується використати метод головних компонент, що відноситься до методів багатомірного статистичного аналізу. Хоча цей метод був запропонований

Пірсоном ще на початку XX століття, його дослідженню присвячені численні сучасні публікації вітчизняних та зарубіжних вчених. Розглядаючи показники, що характеризують складові сталого розвитку, в якості вихідних ознак, ми спробуємо оцінити головні компоненти, що і будуть служити характеристикою рівня сталості.

Діяльність енергетичного господарства, що обслуговує загальноосвітні школи, на практиці характеризується цілою низкою якісних та кількісних ознак. В такому разі дослідження лише за однією не може дати достовірного уявлення про його стан та ефективність роботи. Тому з метою визначення ефективності для більш повного аналізу необхідно досліджувати дані ознаки в сукупності. В даному випадку ми пропонуємо використовувати поняття «сталий розвиток» або «сталість» енергетичного господарства, що передбачає розгляд не тільки економічної складової, а також соціальної та екологічної. Через різну спрямованість цілей сталого розвитку показник сталості енергетичного господарства є латентним, тобто не може бути безпосередньо кількісно виміряним.

Таким чином, рівень сталості можна описати за допомогою низки факторів-симптомів, а саме складових: економічної, соціальної, екологічної. Ми вважаємо, що вони в повній мірі визначають вплив енергетичного господарства на розвиток загальноосвітньої школи. Варто зазначити, що дані складові за своїм змістом є різними. Якщо економічну складову можна охарактеризувати за допомогою показників, що вимірюються кількісно, то екологічна та соціальна складові описуються як кількісними, так і якісними (атрибутивними, описовими) показниками, тобто виражаються змістовними поняттями. Вони оцінюються за допомогою експертних методів (на основі опитувань, бальної оцінки), і отримані в результаті узагальнення і висновки носять суб'єктивний характер. Тому в подальшому аналізі ми зупинимося на розгляді саме кількісних показників, що характеризують складові сталого розвитку, розрахованих на основі внутрішнього економічного аналізу. Кожну з складових, як і рівень сталості енергетичного господарства, можна вважати латентною ознакою.

Для дослідження були використані дані енергетичного господарства 28 шкіл Роздільнянського району Одеської області за 2012 рік. Аналізуючи сталий розвиток енергетичного господарства загальноосвітніх шкіл, на основі наявних даних, нами було виділено наступні показники, що характеризують складові сталого розвитку, та є пов'язаними з діяльністю енергетичного господарства загальноосвітніх шкіл:

X_1 – теплота згоряння палива, МДж;

X_2 – корисна теплота згоряння палива, МДж;

X_3 – кількість учнів, осіб;

X_4 – рівень відходів золи, кг;

X_5 – рівень відходів сірки, кг;

X_6 – рівень викидів вуглекислого газу, кг;

X_7 – витрати грошових коштів на ПЕР, тис. грн.;

X_8 — площа будівлі школи, м^2;

X_9 – спожито ПЕР, в натуральних одиницях в залежності від виду ПЕР.

При цьому, показники X_1, X_2, X_3 характеризують соціальну складову сталого розвитку (рівень наданих енергетичних послуг учням загальноосвітньої школи); X_4, X_5, X_6 – екологічну складову (рівень викидів твердих та газоподібних продуктів згоряння ПЕР); X_7 , X_8, X_9 – економічну складову сталого розвитку. Нами обрані саме ці показники, оскільки, характеризуючи кожну з складових, в сукупності вони можуть служити характеристикою сталості енергетичного господарства.

У цьому випадку метод головних компонент дозволить:

1. Скоротити число вихідних даних (провести редукцію даних).
2. Виявити структуру взаємозв'язків між ознаками-симптомами, дати їх кількісну оцінку та економічну інтерпретацію.
3. Присвоїти ранги досліджуваним об'єктам та класифікувати їх за величиною виявлених латентних показників.

Узагальнюючи алгоритм методу головних компонент, професор О.Г. Янковий зводить його процедуру у процесі дослідження латентних показників до наступних етапів, представлених у наочній формі (рис. 1):

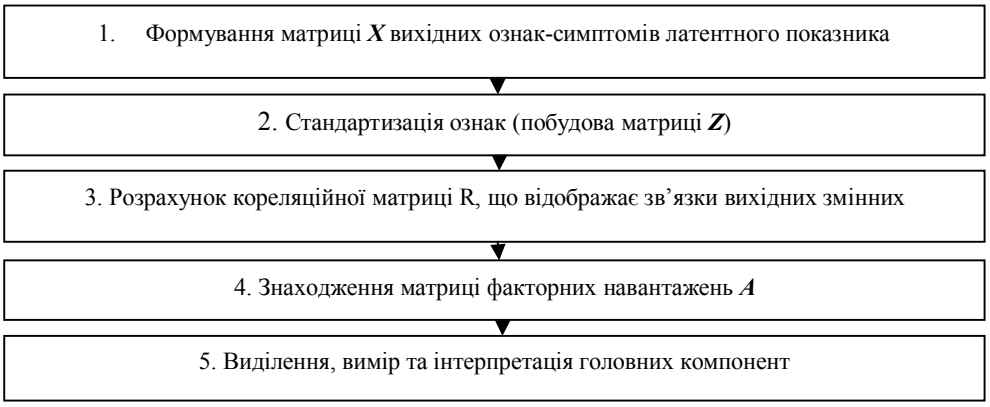

Рис. 1. Блок-схема методу головних компонент. *Джерело: [2, с. 29]*

Оцінка рівня сталості енергетичного господарства загальноосвітніх шкіл як латентної ознаки за допомогою методу головних компонент буде проводитися в два етапи. Принципову схему даної процедури запропоновано на рис. 2. Таким чином, на першому етапі в якості головних компонент будуть розглядатися складові сталого розвитку, а на другому – сам рівень сталості.

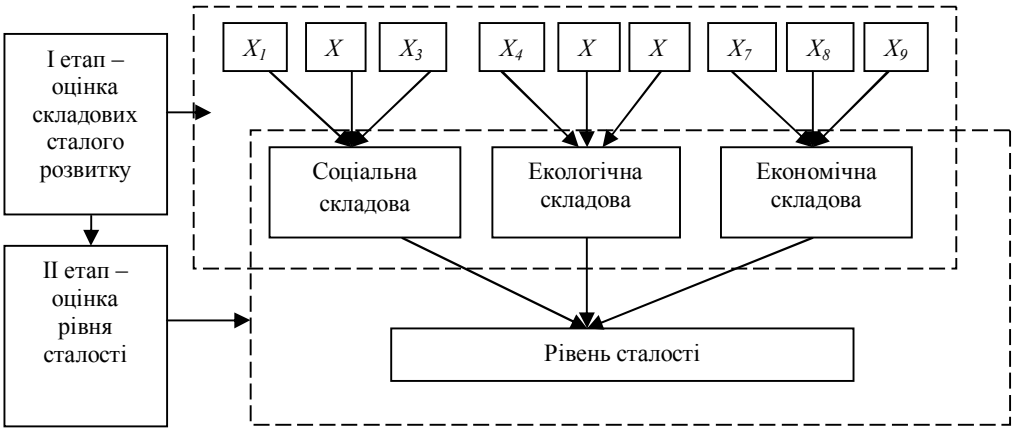

Рис. 2. Двоетапна процедура оцінки латентного показника (рівня сталого розвитку енергетичного господарства ЗОШ) та його складових. *Джерело: розроблено автором.*

Процедура оцінки рівня сталості шкіл Роздільнянського району проводилася згідно зі схемою (рис. 1). Однак, необхідно внести деякі роз'яснення. Першим кроком методу є побудова матриці вихідних даних ***X*** розмірністю ***n*** рядків та ***m*** стовпців:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix}. \qquad (1),$$

де ***n*** – кількість шкіл-споживачів енергії;

m – кількість показників-симптомів.

Вихідні дані представлені у вигляді матриці, формують сукупність спостережень, повинні задовольняти таким головним вимогам:

1) сукупність має бути якісно однорідною (забезпечується типологічним групуванням об'єктів по важливим атрибутивним ознакам);
2) сукупність має бути кількісно однорідною;
3) сукупність має бути достатньо великою за обсягом [3, с. 11-16].

Оскільки зазвичай опалення шкіл в залежності від різних умов проводиться за рахунок використання різних ПЕР (кам'яного вугілля та природного газу), а натуральні одиниці для їх виміру є різними (кг і $м^3$), то відповідно до першої вимоги з метою співставлення результатів аналізу, процедуру оцінки економічної складової необхідно провести окремо для шкіл, що опалюються вугіллям, та шкіл, що опалюються газом. Це стало можливим, оскільки безпосередній розрахунок факторних навантажень та головних компонент відбувається за стандартизованими даними. Оцінка соціальної та екологічної складових проводилися за всією сукупністю об'єктів (28 школами). Математичну обробку даних в процесі застосування методу головних компонент було проведено за допомогою програмного забезпечення, а саме в системі STATISTICA.

Так, на першому етапі, виділено по одній головній компоненті, які можна інтерпретувати в якості латентних ознак, а саме, складових сталого розвитку. В якості критерію вибору значущих головних компонент використовувався критерій Кайзера, тобто відбиралися лише ті компоненти, характеристичні корені яких ($\lambda_L \geq 1$) [4]. Одержані в результаті першого етапу розрахунків значення головних компонент представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Школи-споживачі енергії та значущі головні компоненти, що характеризують складові сталого розвитку (2012 р.)

№ з/п	Назва школи	Головна компонента, що характеризує соціальну складову	Головна компонента, що характеризує екологічну складову	Головна компонента, що характеризує економічну складову
1	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Болгарка	0,019	1,116	0,577
2	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Буценівка	-0,189	1,564	0,523
3	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Виноградар	-0,291	1,466	1,077
4	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Кам'янка	0,208	0,749	-0,192
5	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Калантаївка	-0,392	1,659	0,538
6	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Новоукраїнка	-0,584	2,175	1,066
7	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Слобідка	0,311	0,700	-0,359
8	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Степанівка	-0,454	1,422	0,979
9	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Бецилове	0,587	0,525	-0,306
10	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Новоселівка	0,518	0,675	-0,426
11	ОШ с. Павлівка	1,493	-0,878	-2,161

Продовження табл.1.

12	МНВК с. Степанівка	0,412	-0,124	-1,318
13	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Бурдівка	1,085	-1,009	-1,087
14	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Єгорівка	0,666	-0,867	-0,528
15	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Єреміївка	0,788	-0,893	-0,659
16	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Кучургани	-1,199	-0,398	1,145
17	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Понятівка	0,113	-0,663	-0,012
18	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Щербанка	0,152	-0,724	0,109
19	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Яковлівка	-1,769	-0,127	1,419
20	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 1 смт. Лиманське	-0,275	-0,664	0,264
21	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 2 смт. Лиманське	-0,749	-0,516	0,450
22	ЗОШ І-ІІІ ступ. №1 м. Роздільна	-2,373	-0,198	1,747
23	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 2 м. Роздільна	-2,169	-0,266	1,388
24	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 3 м. Роздільна	0,844	-0,991	-0,948
25	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 4 м. Роздільна	-0,337	-0,685	-0,029
26	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Гаївка	1,273	-1,030	-1,102
27	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Марківка	1,367	-1,083	-1,280
28	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Старостине	0,951	-0,937	-0,879

Джерело: розроблено автором

З таблиці 1 видно, що відповідно до основних вимог методу [2, с.20], головні компоненти є:

1) лінійно незалежними (ортогональними);
2) стандартизованими;
3) перша головна компонента повинна пояснювати максимальну частку дисперсії вихідних змінних.

На другому етапі виділені головні компоненти розглядалися в якості ознак-симтомів для визначення латентної ознаки – рівня сталості. Таким чином, проведений компонентний аналіз дозволив більш стисло описати сукупність вихідних ознак за допомогою лише однієї змінної. Виділена перша головна компонента може бути використана для подальшого дослідження особливостей функціонування шкіл соціально-економічному та іншому розрізі. Крім того, оскільки отримана перша головна компонента розглядається в якості оцінки рівня сталості, за її величиною школи можуть бути проран жовані та згруповані. Таке ранжування за величиною першої головної компоненти наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Ранжування шкіл Роздільнінського району Одеської області за рівнем сталості (2012 р.)

№ з/п	Назва школи	Головна компонента, що характеризує рівень сталості	Ранг
1	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Болгарка	0,581562	10
2	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Буценівка	0,775313	9
3	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Виноградар	1,039738	6
4	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Кам'янка	0,047476	12
5	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Калантаївка	0,894143	8
6	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Новоукраїнка	1,364808	3
7	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Слобідка	-0,08528	15
8	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Степанівка	1,050134	5
9	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Бецилове	-0,22757	18
10	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Новоселівка	-0,20927	16
11	ОШ с. Павлівка	-1,85609	28

Продовження табл.2.

12	МНВК с. Степанівка	-0,80375	21
13	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Бурдівка	-1,23871	25
14	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Єгорівка	-0,77036	20
15	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Єреміївка	-0,88571	22
16	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Кучургани	0,898707	7
17	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Понятівка	-0,24715	19
18	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Щербанка	-0,2269	17
19	ЗОШ І-ІІІ ступ. С. Яковлівка	1,338875	4
20	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 1 смт. Лиманське	0,03862	13
21	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 2 смт. Лиманське	0,362559	11
22	ЗОШ І-ІІІ ступ. №1 м. Роздільна	1,717035	1
23	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 2 м. Роздільна	1,450379	2
24	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 3 м. Роздільна	-1,07064	24
25	ЗОШ І-ІІІ ступ. № 4 м. Роздільна	-0,07461	14
26	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Гаївка	-1,33007	26
27	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Марківка	-1,46531	27
28	ЗОШ І-ІІ ступ. С. Старостине	-1,06793	23

Джерело: розроблено автором

Згідно з даними четвертого стовпця таблиці 2 найвищий рівень сталості, пов'язаного з використанням енергетичних ресурсів має ЗОШ І-ІІІ ступенів №1 м. Роздільна (ранг 1), тобто вона є лідером по досліджуваному латентному показнику. Явним аутсайдером є школа с. Павлівка (ранг 28). Інші школи займають проміжне положення між двома вказаними об'єктами. При цьому очевидна диференціація досліджуваних шкіл за величиною першої головної компоненти: школи з порядковими номерами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 16, 19, 20, 21, 23 мають позитивні значення головної компоненти, та умовно можуть бути віднесені до групи лідерів. А школи з порядковими номерами 7, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 25, 26, 27, 28 мають негативне значення головної компоненти та створюють групу аутсайдерів за рівнем сталості. Саме на них необхідно зосередити увагу при розробці заходів з підвищення енергоефективності.

Отже, за допомогою проведеного компонентного аналізу виявлено які школи потребують негайних дій з боку керівництва енергетичного господарства, спрямованих на підвищення рівня сталості. Для них необхідно розробити комплекс ініціатив з ефективного управління енергетичним господарством, що дозволить підвищити рівень сталості до прийнятного рівня.

Таким чином, розглянувши основні етапи методу головних компонент, можна стверджувати, що він дозволить найбільшою мірою врахувати особливості взаємозв'язків між показниками, що характеризують сталий розвиток енергетичного господарства загальноосвітніх шкіл, отримати кількісну оцінку латентного показника сталості та дати належну економічну інтерпретацію отриманих результатів.

Бібліографічні посилання і примітки

1. Янковой А.Г. Многомерный статистический анализ в системе STATISTICA / Янковой А.Г. – Одесса: Оптимум, 2001. – Вип. 1. – 216 с.
2. Янковой А.Г. Многомерный статистический анализ в системе STATISTICA / Янковой А.Г. – Одесса: Оптимум, 2001. – Вип. 2. – 325 с.
3. Янковой О.Г. Моделювання парних зв'язків в економіці / О.Г. Янковой. – Одеса: Optimum, 2001. – 198 с.

4. Kaizer H.F. The application of electronic computers to factor analysis. - *Educational and Psychological Measurement,* 1960, no 20, pp. 141 – 151.
5. Джонстон Дж. Эконометрические методы / Дж. Джонстон; пер. с англ. А.А. Рывкина. – М.: Статистика, 1980. – 444 с.
6. Боровиков В.П. Популярное введение в систему STATISTICA / Боровиков В.П.. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 267 с.

Надійшла до редакції

G. Pudycheva

USING THE PRINCIPAL COMPONENTS METHOD FOR DETERMINATION OF SUSTAINABILITY LEVEL FOR SCHOLL ENERGY

The article presents the assessment of sustainable development and its components for public school energy sector through principal component analysis.

Г. Пудычева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ХОЗЯЙСТВА ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ

В статье проведена оценка устойчивого развития и его составляющих для энергетического хозяйства общеобразовательных школ с помощью метода главных компонент.