

Liashenko, I. M., Korobova, M. V., and Stoliar, A. M. *Osnovy matematychnoho modelivannia ekonomichnykh, ekolohichnykh ta sotsialnykh protsesiv* [Fundamentals of mathematical modeling of economic, environmental and social processes]. Ternopil: Navchalna knyha «Bohdan», 2006.

Mezentseva, O. O. "Napriamy pidvyschennia konkurentospromozhnosti metalurhiinykh pidpriemstv" [Areas of increase of competitiveness of metallurgical enterprises]: *dys. ... kand. ekon. nauk* : 08.00.04, 2014.

Pavlovska, L. D., and Kosovych, O. V. "Modelivannia konkurentnoho statusu u systemi marketynhu pidpriemstv" [Simulation of competitive status in the system of marketing of enterprises]. In *Implementatsiia naukovykh zasad ta perspektyvy doskonaloj marketynhovoї diialnosti pidpriemstv yak rynkovo-*

orijentovanoi kontseptsii yikh rozvytku, 30-57. Zhytomyr: Yev-nok O. O., 2017.

"Stalyi rozvytok rehioniv Ukrainy" [Sustainable development of regions of Ukraine]. http://activity.wdc.org.ua/ukraine/lzd_ukr-2400dpi-10.pdf

Stanzhytskyi, O. M., Taran, Ye. Yu., and Hordynskyi, L. D. *Osnovy matematychnoho modelivannia* [Fundamentals of mathematical modeling]. Kyiv: VPTs «Kyivskiy universytet», 2006.

Tomashevskiy, V. M. *Modelivannia system* [System simulation]. Kyiv: Vydavnycha hrupa VNU, 2005.

Zaitseva, O. I., Sharko, M. V., and Gusarina, N. V. "Providing of innovative activity and economic development of enterprise in the conditions of external environment dynamic changes". *Naukovyi visnyk Polissia*, vol. 2, no. 3 (2017): 57-60.

УДК 311:33]:620.92](477)

ВИКОРИСТАННЯ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

©2018 ХАЗАН П. В.

УДК 311:33]:620.92](477)

Хазан П. В. Використання факторного аналізу для оцінювання розвитку відновлюваних джерел енергії

У роботі виявлені та обґрунтовані основні фактори впливу на розвиток відновлюваних джерел енергії за рахунок проведення факторного аналізу методом головних компонент на прикладі Європи. Для дослідження було використано критерій сферичності Бартлетта та розрахунок міри адекватності вибірки Кайзера – Майєра – Олкіна. Розрахунок зроблено за допомогою програми IBM SPSS Statistics. Було знайдено найважливіші фактори розвитку відновлюваних джерел енергії із використанням масиву даних за останні 10 років. Також було визначено кількість головних компонентів, побудовано кореляційну матрицю, матрицю компонентів, коваріаційну матрицю та діаграму компонентів. На основі розрахованих даних надано систему лінійних рівнянь залежних факторів та головних компонентів. Проведене дослідження показало, що найбільшу дисперсію мають такі компоненти, як загальне виробництво енергії з відновлюваних джерел енергії, загальна потужність відновлюваних джерел енергії та кінцеве споживання енергії, що сумарно складають 90,6%. Зроблено аналіз факторів відповідно до отриманих розрахунків.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, розвиток, система показників, статистичне оцінювання, інтегральний показник, факторний аналіз.
Рис.: 1. **Табл.:** 5. **Формул:** 4. **Бібл.:** 23.

Хазан Павло Вікторович – здобувач, Національна академія статистики, обліку та аудиту (вул. Підгірна, 1, Київ, 04107, Україна)
E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

УДК 311:33]:620.92](477)

Хазан П. В. Использование факторного анализа для оценки развития возобновляемых источников энергии

В работе выявлены и обоснованы основные факторы влияния на развитие возобновляемых источников энергии за счет проведения факторного анализа методом главных компонент на примере Европы. Для исследования были использованы критерий сферичности Бартлетта и расчет степени адекватности выборки Кайзера – Майєра – Олкіна. Расчет произведен с помощью программы IBM SPSS Statistics. Были найдены важнейшие факторы развития возобновляемых источников энергии с использованием массива данных за последние 10 лет. Также было определено количество главных компонент, построена корреляционная матрица, матрица компонент, ковариационная матрица и диаграмма компонент. На основе рассчитанных данных представлена система линейных уравнений зависимых факторов и главных компонент. Проведенное исследование показало, что наибольшую дисперсию имеют такие компоненты, как общее производство энергии из возобновляемых источников энергии, общая мощность возобновляемых источников энергии и конечное потребление энергии, которые суммарно составляют 90,6%. Сделан анализ факторов в соответствии с полученными расчетами.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, развитие, система показателей, статистическое оценивание, интегральный показатель, факторный анализ.
Рис.: 1. **Табл.:** 5. **Формул:** 4. **Библ.:** 23.

Хазан Павел Викторович – соискатель, Національна академія статистики, учета и аудита (ул. Подгорная, 1, Киев, 04107, Украина)
E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

UDC 311:33]:620.92](477)

Khazan P. V. Using Factor Analysis to Evaluate the Development of Renewable Energy Sources

In the publication, using factor analysis and method of major components, the main factors influencing the development of renewable energy sources are identified and substantiated on the example of Europe. The study applies the Bartlett's criterion of sphericity and the calculation of the adequacy grade of the sample of Kaiser – Mayer – Olkina. The calculation is made by means of the IBM SPSS Statistics software. The most important factors of the development of renewable energy sources have been determined using the data array for the last 10 years. The number of main components has been defined, also the correlation matrix, the matrix of components, the covariance matrix and the component diagram have been built. A system of linear equations of dependent factors and the main components, which is based on the calculated data, is presented. The carried out research has showed that the greatest dispersion is made by components such as total energy production from renewable energy sources, total power of renewable energy sources and final energy consumption, which in the total make up 90.6%. An analysis of factors in accordance with the obtained calculations is carried out.

Keywords: renewable energy sources, development, system of indicators, statistical evaluation, integral index, factor analysis.
Fig.: 1. **Tbl.:** 5. **Formulae:** 4. **Bibl.:** 23.

Khazan Pavlo V. – Applicant, The National Academy of Statistics, Accounting and Auditing (1 Pidhirna Str., Kyiv, 04107, Ukraine)
E-mail: pavlo.khazan@gmail.com

Україна має великий потенціал використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Як свідчать офіційні дані, частка ВДЕ в державі з урахуванням електро- і теплогенерації має збільшитися до 13,2% у 2020 р. Таким чином, загальний обсяг ВДЕ в Україні у 2030 р. потенційно може сягнути 21,8%. Це зумовить економію в енергетичному секторі до 175 млн дол. США на рік у 2030 р. [1; 3; 4; 17]. Важливість розвитку відновлюваної енергетики у світі відзначається на міжнародному рівні, зокрема в підсумкових документах лідерів розвинених країн світу. На останньому глобальному саміті G20 було задекларовано, що виробництво енергії має бути доступним і надійним, а енергетична політика держав має базуватися на принципах сталого розвитку [9]. Тому сучасна енергетична система має базуватися на ВДЕ, які є прикладом гнучких та ефективних технологій, з урахуванням локалізації виробництва та споживання енергії. Міжнародні тренди зумовлюють динамічний розвиток ВДЕ в Україні, удосконалення методологій оцінювання їх розвитку та нормативно-правового регулювання [2; 5; 23].

Мета статті полягає у виявленні та обґрунтованні основних факторів впливу на розвиток ВДЕ за рахунок проведення факторного аналізу методом головних компонент на прикладі Європи. Такий аналіз виявляє приховані змінні або фактори, які пояснюють структуру кореляцій всередині набору спостережених змінних. Він використовується для зниження розмірності даних, щоб знайти невелике число факторів, які пояснюють більшу частину дисперсії для значно більшої кількості явних змінних. Даний метод також використовується для формування гіпотез щодо механізмів причинних зв'язків або з метою перевірки змінних перед подальшим аналізом (наприклад, щоб виявити колінеарність перед проведенням лінійного регресійного аналізу). Вже згадана процедура факторного аналізу забезпечує більшу гнучкість, а саме: наявні сім методів виділення факторів, п'ять методів обертання, три методи обчислення значень факторів, які можна зберегти у вигляді змінних для подальшого аналізу. Розрахунок зроблено за допомогою програми IBM SPSS Statistics (версія 1.0.0.1089) [8; 12; 13; 15].

Для кожної пари змінних дані представляють собою вибірку з двовимірного нормального розподілу, а спостереження мають бути незалежними. Модель факторного аналізу передбачає, що змінні визначаються загальними факторами (чинниками або оціненими моделями) і характерними або специфічними факторами. Обчислювані оцінки засновані на тому, що всі характерні фактори не мають кореляції один з одним та із загальними факторами. Запропонований метод дозволяє задати алгоритм вилучення факторів. Для розрахунку використовується метод головних компонент для виділення факторів з метою формування некорельованих лінійних комбіна-

цій спостережених змінних. Перший компонент має максимальну дисперсію. Тобто в деяких факторів є спільними дві чи більше ознак. Фактори, між якими немає спільних ознак, є незалежними. Послідовно одержувані компоненти пояснюють все менші частки дисперсії, і всі вони не корельовані між собою. Аналіз методом головних компонент застосовується для отримання початкового факторного рішення. У даному випадку може використовуватися для сингулярних (вироджених) кореляційних матриць, а ознаки, які спостерігаються, є лінійними комбінаціями прихованих факторів. Представлення методу головних компонент можна зробити таким чином для опису впливу кожної ознаки лінійними комбінаціями у вигляді суми внесків спільних факторів [6; 10; 11]:

$$Z_j = a_{j1}x_1F_1 + a_{j2}x_2F_2 + \dots + a_{jr}x_rF_r + d_jxU_j, \quad (1)$$

$$j = \overline{1, n}, r < p,$$

де Z_j – досліджувана ознака (величина випадкова); F_1, F_2, \dots, F_r – загальні фактори (величини випадкові, нормально розподілені), спільні для всіх ознак;

U_j – характерний фактор;
 a_{j1}, \dots, a_{jr} – факторні навантаження, що характеризують істотність впливу кожного фактора (показують внесок відповідного фактора в ознаку Z_j);
 d_j – навантаження характерного фактора тільки для ознаки Z_j .

Напрямок у просторі вихідних ознак визначає головна компонента. По цьому напрямку сукупність об'єктів має найбільшу дисперсію. Інші компоненти пояснюють більшу частину залишкової дисперсії. Оскільки кожний фактор визначається взаємопов'язаними ознаками, то їх можна представити такою формулою:

$$F_i = \frac{1}{\lambda_i} (a_{i1}xZ_1 + a_{i2}xZ_2 + \dots + a_{in}xZ_n), \quad (2)$$

де λ_i – власне значення фактора.

Факторні навантаження мають певну схожість з коефіцієнтами кореляції, тому що вони показують рівень взаємозв'язку представлених ознак і факторів: чим більшою є абсолютна величина факторного навантаження, тим сильнішим є зв'язок ознаки Z_j з фактором F_k , відповідно, тим більший внесок ознаки у фактор, і тим більше дана ознака зумовлена дією відповідного фактора [7; 14; 18].

Метод оцінювання коефіцієнтів факторних значень ґрунтується на тому, що отримані оцінки факторних значень мають середню, рівну нулю, і дисперсію, що дорівнює квадрату множинного коефіцієнта кореляції між оціненими значеннями фактора та істинними. Ці факторні значення можуть бути корельовані, навіть якщо фактори ортогональні. Для цього будемо використовувати критерій сферичності Бартлетта – оцінювання коефіцієн-

тів факторних значень, де отримувані значення мають середню, рівну нулю. Окрім того, мінімізується сума квадратів характерних факторів по всіх змінних, і розраховується міра адекватності вибірки Кайзера – Майєра – Олкіна [7; 14; 16].

На основі групування факторів можна виділити найважливіші фактори і побудувати модель, яка показує взаємозв'язок між показниками і факторами. Надається можливість виділити чинники, які погіршують або покращують розвиток ВДЕ. За допомогою цього методу та на основі цих показників можна розробити політику регулювання для оптимізації розвитку ВДЕ на визначених територіях та рівнях управління. Отже, визначено такі фактори (табл. 1).

Таблиця 1

Фактори розвитку ВДЕ

Загальне виробництво енергії з ВДЕ, тис. TNE	x_1
Загальна потужність ВДЕ, МВт	x_2
Кінцеве споживання енергії, млн TNE	x_3
Загальне виробництво електроенергії, ГВт • год	x_4
Валове внутрішнє споживання відновлюваної енергії, тис. TNE	x_5
Валове внутрішнє споживання відновлюваної гідроенергії, тис. TNE	x_6
Валове внутрішнє споживання вітрової енергії, тис. TNE	x_7
Валове внутрішнє споживання сонячної термічної енергії, тис. TNE	x_8
Валове внутрішнє споживання сонячної фотогальванічної енергії, тис. TNE	x_9
Електрична потужність основних виробників – горюче паливо, МВт	x_{10}
Електрична потужність автовиробників – горюче паливо, МВт	x_{11}
Електрична потужність основних виробників – ядерне паливо, МВт	x_{12}
Електрична потужність основних виробників – гідроелектростанції, МВт	x_{13}
Викиди CO ₂ , т	x_{14}

Джерело: складено за даними [19–22].

Слід зазначити, що дані статистики базуються на спостереженнях без відсутніх значень для всіх використовуваних змінних. Для того, щоб зрозуміти, чи є цей зв'язок явищем мультиколінеарності та чи може він негативно впливати на оцінку економетричної моделі, визначимо критерій сферичності Бартлетта, який показує значущість кореляційної матриці.

$$\chi^2 = - \left[n - 1 - \frac{1}{6}(2m + 5) \right] \ln D = 1015,927. \quad (3)$$

Оскільки $\chi^2_{факт.} < \chi^2_{табл.}$, можна зробити висновок, що в масиві змінних не існує мультиколінеарності. При цьому міра адекватності Кайзера – Мейєра – Олкіна складає 0,729. Показник Df (ст. св) дорівнює 91. Це показник ступеня свободи, добуток кількостей градацій змінних, зменшених на 1. Ця кількість елементів таблиці, які можуть бути заповнені числами, перш ніж зміст усіх інших осередків стане постійним. Імовірність випадковості зв'язку або p -рівень значимості дорівнює 0. Як відомо, чим менша ця величина, тим вище статистична значимість (достовірність) зв'язку. При p -рівні значущості $p < 0,05$ вважається, що відмінності між тим, що спостерігається, і очікуваними значеннями незначні.

Розглянемо графік визначення кількості головних компонентів, що зображений на рис. 1.

На даному графіку зображені дисперсії, які пов'язані з факторами. Графік наочно показує розрив між крутим нахилом великих факторів і поступовим зменшенням інших (критерій «осип»). Проведений розрахунок показує доцільність застосування трьох факторів.

Перейдемо до системи лінійних рівнянь залежних факторів та головних компонент. Підставимо розраховані значення. Отже, система рівнянь має такий вигляд:

$$\left\{ \begin{aligned} Z_1 &= 0,963x_1 + 0,156x_2 - 0,012x_3; \\ Z_2 &= 0,975x_1 + 0,061x_2 + 0,096x_3; \\ Z_3 &= 0,969x_1 - 0,138x_2 - 0,144x_3; \\ Z_4 &= 0,969x_1 + 0,027x_2 - 0,195x_3; \\ Z_5 &= 0,962x_1 + 0,158x_2 - 0,027x_3; \\ Z_6 &= 0,417x_1 + 0,861x_2 + 0,029x_3; \\ Z_7 &= 0,901x_1 - 0,220x_2 + 0,223x_3; \\ Z_8 &= 0,495x_1 + 0,119x_2 + 0,712x_3; \\ Z_9 &= 0,868x_1 - 0,314x_2 + 0,030x_3; \\ Z_{10} &= 0,906x_1 - 0,284x_2 + 0,171x_3; \\ Z_{11} &= 0,825x_1 - 0,364x_2 - 0,240x_3; \\ Z_{12} &= 0,470x_1 + 0,250x_2 - 0,635x_3; \\ Z_{13} &= 0,635x_1 + 0,745x_2 + 0,066x_3; \\ Z_{14} &= 0,947x_1 - 0,250x_2 - 0,021x_3. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Джерело: розраховано за даними [19–22].

Розрахунки факторного аналізу надають нам додаткові дані. Отже, матриця коефіцієнтів значення компонентів, коваріаційна матриця, значення компонентів та значення спільнот по факторах надаються в табл. 2 – табл. 4.

Розрахунок власних значень дисперсії та сумарної дисперсії показав, що найбільшу дисперсію мають перші три компоненти, а саме: виробництво енергії з ВДЕ, загальна потужність ВДЕ та кінцеве споживання енергії, що сумарно складають 90,6%.

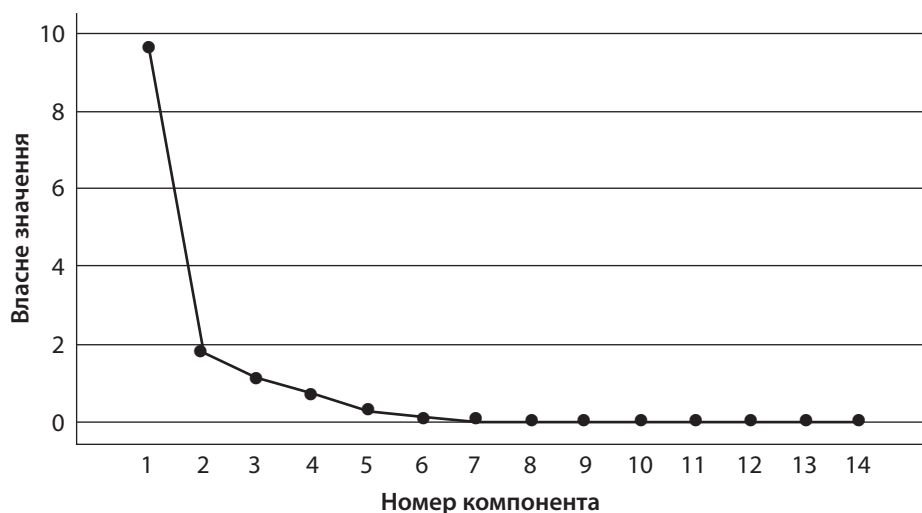


Рис. 1. Критерій «осип»

Джерело: побудовано за даними [19–22].

Таблиця 2

Матриця коефіцієнтів значень компонентів

Фактор	Компонент		
	1	2	3
x_1	0,099	0,083	-0,011
x_2	0,101	0,033	0,085
x_3	0,100	-0,074	-0,128
x_4	0,100	0,015	-0,174
x_5	0,099	0,085	-0,024
x_6	0,043	0,461	0,026
x_7	0,093	-0,118	0,199
x_8	0,051	0,064	0,634
x_9	0,090	-0,168	0,027
x_{10}	0,094	-0,152	0,153
x_{11}	0,085	-0,195	-0,214
x_{12}	0,048	0,134	-0,566
x_{13}	0,066	0,399	0,059
x_{14}	0,098	-0,134	-0,018

Джерело: складено за даними [19–22].

Таблиця 3

Коваріаційна матриця значень компонентів

Компонент	1	2	3
1	1,000	0,000	0,000
2	0,000	1,000	0,000
3	0,000	0,000	1,000

Джерело: складено за даними [19–22].

Характеристики зазначених факторів, а саме: пояснена сукупна дисперсія, надано в табл. 5.

Фактори 4 та 5 – загальне виробництво електроенергії та валове внутрішнє споживання енергії

Таблиця 4

Спільноти

Фактор	Початкова	Вилучення
x_1	1,000	0,952
x_2	1,000	0,963
x_3	1,000	0,978
x_4	1,000	0,979
x_5	1,000	0,951
x_6	1,000	0,917
x_7	1,000	0,909
x_8	1,000	0,766
x_9	1,000	0,853
x_{10}	1,000	0,930
x_{11}	1,000	0,870
x_{12}	1,000	0,686
x_{13}	1,000	0,962
x_{14}	1,000	0,960

Джерело: складено за даними [19–22].

з ВДЕ – мають відсоток дисперсії того ж порядку, що і фактор 3. П'ять факторів (з першого по п'ятий) складають 97,8% сумарної дисперсії, проте початкові значення факторів 4 та 5 є на порядок меншими, ніж визначені найбільш впливові фактори.

Таким чином, розрахунки, що проведені за допомогою факторного аналізу, свідчать про те, що найбільший вплив на розвиток ВДЕ має такий фактор, як *виробництво первинної енергії з ВДЕ*, тобто повне виробництво енергії з різних видів ВДЕ з урахуванням експортно-імпортного енергетичного балансу. Як зазначалося вище, оскільки первинна енергія приходить з різних джерел, для побудови адекватної системи аналізу розвитку ВДЕ необхід-

Характеристики факторів – пояснена сукупна дисперсія

Компонент	Початкові власні значення			Вилучення суми квадратів навантажень		
	Загалом	% дисперсії	Сумарний %	Загалом	% дисперсії	Сумарний %
1	9,685	69,181	69,181	9,685	69,181	69,181
2	1,867	13,338	82,519	1,867	13,338	82,519
3	1,123	8,021	90,541	1,123	8,021	90,541
4	0,721	5,152	95,693			
5	0,297	2,121	97,814			
6	0,122	0,872	98,686			
7	0,077	0,551	99,237			
8	0,055	0,392	99,630			
9	0,027	0,193	99,823			
10	0,015	0,110	99,932			
11	0,006	0,046	99,978			
12	0,002	0,011	99,989			
13	0,001	0,006	99,996			
14	0,001	0,004	100,000			

Джерело: складено за даними [19–22].

но мати інформацію щодо внеску кожного джерела енергії. У даному випадку внесок окремого джерела енергії у виробництво первинної енергії характеризує суміш виробництва енергії в країні, області та на інших рівнях, тобто суміш виробленої енергії з різних видів ВДЕ.

Другим за значенням фактором є загальна потужність усіх видів енергії. ВДЕ роблять свій внесок у загальну енергетичну систему країни. Розвиток ВДЕ суттєво впливає на енергетичні системи країн, змінює інфраструктуру та систему управління енергетикою держави, впливає на формування тарифів та державну політику в галузі енергетики, що підтверджують розрахунки факторного аналізу.

Означені два фактори мають найбільшу дисперсію – 69,2% та 13,3% відповідно. Фактор кінцевого споживання енергії має дисперсію 8%. Його плив теж вважаємо великим, але він значно менший, ніж у перших двох факторів. Слід зазначити, що на цей фактор у розвинених країнах суттєво впливають додаткові фактори енергоефективності, а саме: політика енергоефективності різного рівня, різноманітні системи енергозбереження в інфраструктурі споживання, оптимізація транспортування енергії, багатозонна тарифікація, зменшення споживання енергії за рахунок використання електрообладнання класів А, А+ та динамічного збільшення використання електрообладнання класів А++ та А+++.

Також важливим чинником впливу є динамічне збільшення енергоефективності будівель, що стало результатом упровадження відповідних нормативно-правових актів.

Фактори, що мають значно менший вплив, проте мають дисперсії схожого порядку із двома останні-

ми факторами, – це загальне виробництво електроенергії (5,2%) та валове внутрішнє споживання енергії з ВДЕ (2,1%). Перший фактор пояснюється тим, що за рахунок ВДЕ генерується, перш за все, електрична енергія, яка є найбільш цікавим продуктом з точки зору «зеленого» тарифу та найбільш легка та гнучка для транспортування, акумулювання, споживання та тарифікації. Другий фактор пояснюється тим, що розвиток ВДЕ впливає на збільшення споживання енергії з ВДЕ. За умов розвитку окремих так званих смарт-мереж для передачі енергії з підприємств ВДЕ роль цього фактора буде збільшуватися. Це пояснення також стосується і таких факторів, як валове внутрішнє споживання відновлюваної гідроенергії, валове внутрішнє споживання вітрової енергії, валове внутрішнє споживання сонячної термічної енергії та валове внутрішнє споживання сонячної фотогальванічної енергії. Серед факторів, які практично не мають впливу на розвиток ВДЕ: електрична потужність основних виробників – горюче паливо; електрична потужність автовиробників – горюче паливо; електрична потужність основних виробників – ядерне паливо; електрична потужність основних виробників – гідроелектростанції та викиди CO₂. У даному випадку мова йде про великі гідроелектростанції, які не входять до складу ВДЕ. Ці фактори не пов'язані з розвитком ВДЕ та мають дисперсію від 0,1 до 0,004%.

ВИСНОВКИ

Таким чином, обґрунтовано проведення факторного аналізу розвитку ВДЕ методом головних компонент з використанням критерію сферичності Бартлетта та розрахунком міри адекватності вибір-

ки Кайзера – Майера – Олкіна. У ході дослідження було визначено найважливіші фактори розвитку ВДЕ на прикладі Європи із використанням масиву даних за останні 10 років. Було проведено визначення кількості головних компонентів, побудовано кореляційну матрицю, матрицю компонентів, коваріаційну матрицю та діаграму компонентів. На основі цих даних надано систему лінійних рівнянь залежних факторів та головних компонентів. Проведений розрахунок показав, що найбільшу дисперсію мають такі компоненти, як загальне виробництво енергії з ВДЕ, загальна потужність ВДЕ та кінцеве споживання енергії, що сумарно складають 90,6%. Зроблено аналіз факторів відповідно до отриманих розрахунків. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року : схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 1071-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13/paran3#n3>

2. **Єлісєєва О. К., Хазан П. В.** Оцінювання впливу відновлюваної енергетики на соціально-економічні показники. *Бізнес Інформ*. 2017. № 8. С. 134–140.

3. Сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <http://sae.gov.ua/>

4. Сайт Міністерства палива та енергетики України. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua>

5. **Хазан П. В., Ангурець О. В.** Впровадження нормативно-правової бази для розвитку відновлюваних джерел енергії на прикладі Дніпропетровської області // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми моделювання та управління соціально-економічними системами в умовах глобалізації». Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2018. С. 233–236.

6. **Dantzig G. B.** *Linear Programming and Extensions*. Princeton : Princeton University Press, 1965. 625 p.

7. **Fabigar L. R., Wegener D. T.** *Explanatory Factor Analysis*. Oxford University Press, 2011. 176 p.

8. **Field A.** *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. London, SAGE Publications Ltd, 2013. 915 p.

9. G20 Leaders' Communique Hangzhou Summit. URL: <http://www.g20.utoronto.ca/2016/160905-communique.html>

10. **Harrell E. E.** *Regression Modelling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic Regression and Survival Analysis*. New York : Springer, 2001. 572 p.

11. **Harrington E. C. Jr.** The desirability function. *Industrial Quality Control*. 1965. Vol. 21. P. 494–498.

12. **Hinton P. R., McMurray I., Brownlow C.** *SPSS Explained*. London, Routledge, 2014. 386 p.

13. **Landau S., Everitt B. S.** *A Handbook of Statistical Analyses using SPSS*. London : A CRC Press Company, 2004. 366 p.

14. **Leech N. L., Barrett K. C., Morgan G. A.** *SPSS for Intermediate Statistics: Use and Interpretation*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates. Inc, 2005. 382 p.

15. **Muliak S. A.** *Foundations of Factor Analysis*. 2nd edition. CRC Press, 2009. 548 p.

16. **Nisbet R., Miner G., Elder J.** *Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications*. 2nd edition. London : Academic Press, 2018. 864 p.

17. *Renewable Energy Statistics 2016* // International Renewable Energy Agency, 2016. URL: <http://www.irena.org/publications/2016/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2016>

18. **Rummel R. J.** *Applied Factor Analysis*. Northwestern University Press, 1988. 617 p.

19. Website of Eurostat. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat>

20. Website of International Renewable Energy Agency (IRENA). URL: <http://www.irena.org>

21. Website of Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). URL: <http://www.ren21.net/>

22. Website of the International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/>

23. **Yelisyeyeva O. K., Khazan P. V.** Methodological aspects of evaluation of solar energy in context of sustainable development in Ukraine. *Stredoevropský věstník pro vědu a výzkum*. 2017. No. 1/37. P. 5–11.

Науковий керівник – Єлісєєва О. К., доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри статистики, обліку та економічної інформатики, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

REFERENCES

Dantzig, G. B. *Linear Programming and Extensions*. Princeton: Princeton University Press, 1965.

Fabigar, L. R., and Wegener, D. T. *Explanatory Factor Analysis*. Oxford University Press, 2011.

Field, A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. London: SAGE Publications Ltd, 2013.

“G20 Leaders' Communique Hangzhou Summit”. <http://www.g20.utoronto.ca/2016/160905-communique.html>

Harrell, E. E. *Regression Modelling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic Regression and Survival Analysis*. New York: Springer, 2001.

Harrington, E. C. Jr. “The desirability function”. *Industrial Quality Control*. Vol. 21 (1965): 494–498.

Hinton, P. R., McMurray, I., and Brownlow, C. *SPSS Explained*. London: Routledge, 2014.

Khazan, P. V., and Anhurets, O. V. “Vprovadzhenia normatyvno-pravovoi bazy dlia rozvytku vidnovliuvanykh dzherel enerhii na prykladi Dnipropetrovskoi oblasti” [Implementation of the regulatory framework for the development of renewable energy sources on the example of Dnipropetrovsk region]. *Aktualni problemy modeliuвання ta upravlinnia sotsialno-ekonomichnyimi systemamy v umovakh hlobalizatsii*. Drohobych: Redaktsiino-vydavnychiy viddil Drohobyskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Ivana Franka, 2018. 233–236.

[Legal Act of Ukraine] (2013). <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13/paran3#n3>

Landau, S., and Everitt, B. S. *A Handbook of Statistical Analyses using SPSS*. London: A CRC Press Company, 2004.

Leech, N. L., Barrett, K. C., and Morgan, G. A. *SPSS for Intermediate Statistics: Use and Interpretation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. Inc, 2005.

Muliak, S. A. *Foundations of Factor Analysis*. CRC Press, 2009.

Nisbet, R., Miner, G., and Elder, J. *Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications*. London: Academic Press, 2018.

“Renewable Energy Statistics 2016” International Renewable Energy Agency, 2016. <http://www.irena.org/publications/2016/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2016>

Rummel, R. J. *Applied Factor Analysis*. Northwestern University Press, 1988.

Sait Derzhavnoho ahentstva z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia Ukrainy. <http://saee.gov.ua/>

Sait Ministerstva palyva ta enerhetyky Ukrainy. <http://mpe.kmu.gov.ua>

Website of Eurostat. <http://ec.europa.eu/eurostat>

Website of International Renewable Energy Agency (IRENA). <http://www.irena.org>

Website of Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). <http://www.ren21.net/>

Website of the International Energy Agency (IEA). <https://www.iea.org/>

Yelisieieva, O. K., and Khazan, P. V. "Otsiniuvannia vplyvu vidnovliuvanoi enerhetyky na sotsialno-ekonomichni pokaznyky" [Assessment of the impact of renewable energy on socio-economic indicators]. *Biznes Inform*, no. 8 (2017): 134-140.

Yelisyeyeva, O. K., and Khazan, P. V. "Methodological aspects of evaluation of solar energy in context of sustainable development in Ukraine." *Stredoevropsky vestnik pro vedu a vyzkum*, no. 1/37 (2017): 5-11.