

DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-55-38>

УДК 330.33+004

Леськів Вікторія Віталіївнааспірантка кафедри економічної кібернетики,
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9861-0539>**Viktoriia Leskiv**

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University

**КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РОЗВИТКУ
ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ В УКРАЇНІ ТА ЄС****COMPREHENSIVE ANALYSIS
OF CIRCULAR ECONOMY DEVELOPMENT IN UKRAINE AND EU**

Анотація. В статті проведено комплексний аналіз розвитку циркулярної економіки в Україні та країнах ЄС. В силу неповної порівняльності, часткової відсутності статистичних даних запропоновано використати реляційний коефіцієнт Грея. Для порівняльного аналізу було обрано європейські країни з найвищим та найнижчим рівнем розвитку циркулярної економіки. Встановлено, що Україна, як і країни ЄС синхронно змінювала свої стратегії поведінки щодо розвитку циркулярної економіки. Серед рекомендацій варто виділити підвищення поінформованості з питань циркулярної економіки; зведення до мінімуму залежності від сировини з інших країн; залученість приватних інвестицій в циркулярну економіку; уніфікацію з ЄС нормативної бази сортування відходів; моніторинг статистики циркулярної економіки; посилення дій і гравців, які вимірюють і контролюють, чи досягаються поставлені цілі циркулярної економіки.

Ключові слова: циркулярна економіка, сталий розвиток, досягнення цілей циркулярної економіки, утворення та утилізація відходів, Європейський Союз, Україна, реляційний аналіз Грея.

Summary. The article provides a comprehensive analysis of the development of the circular economy in Ukraine and the EU countries. A comparative analysis of the methods of research on the circular economy in the scientific literature showed that scientists use various sets of indicators and different methods of their generalization to study the circular economy. Due to incomplete comparability, partial absence of Ukrainian statistical data and Eurostat data, the question arises of choosing a methodology for studying indicators and constructing an integral indicator based on them. Based on the entire set of research methods, it was decided to use the Gray relational coefficient for such analysis. The Gray coefficient is part of the Gray relational analysis, developed for use in the decision-making process when data are uncertain, scarce and/or incomplete. The main idea of this study was to include the maximum possible number of variables defined by the EU, as this will allow for a comparative assessment of the effectiveness of achieving the goals of the circular economy in Ukraine and the EU member states. Thus, 16 variables were included in the study. For comparative analysis, European countries with the highest and lowest levels of development and implementation of circular economy practices were selected. The study showed that it is worth using a dynamic approach due to structural and other changes in the economy that occur over time. Thus, it was found that there is a certain synchronous change in the relational Gray coefficient in dynamics for both the countries with the best and worst indicators, as well as for Ukraine and the EU as a whole. This indicates that they have improved their circular economy measures through changes in the entire system. Among the recommendations, it is worth highlighting increasing awareness of circular economy issues; minimizing dependence on raw materials from other countries; attracting private investment in the circular economy, including foreign direct investment; unifying the regulatory framework for waste sorting with the EU; developing a coordinated approach to monitoring circular economy statistics; strengthening actions and players that measure and monitor whether the set goals of the circular economy are being achieved.

Keywords: circular economy, sustainable development, achieving circular economy goals, waste generation and disposal, European Union, Ukraine, Gray relational analysis.

Постановка проблеми. За останнє десятиліття зріс політичний, науковий та суспільний інтерес до концепцій циркулярної економіки (ЦЕ) та сталого розвитку. Якщо концепція сталого розвитку перебуває в центрі уваги багатьох дослідників, а також громадської думки вже більше 30 років, то

поняття циркулярної економіки отримало більше уваги протягом останніх кількох років, і воно тісно пов'язане зі сталим розвитком.

Поняття ЦЕ означає повторне використання продуктів і матеріалів в економіці якомога довше, щоб мінімізувати відходи та використання нових

ресурсів. Одна з головних ідей підходу ЦЕ полягає в тому, щоб отримати вигоду від переробки матеріальних потоків із збалансованим економічним зростанням. Таким чином, ЦЕ демонструє цілком протилежний підхід у порівнянні з лінійними економічними системами та лінійною економікою, яка базується на тому, що доступні ресурси є надлишковими для використання та виробництва товарів, та яких можна позбутися після їх використання.

Незважаючи на те, що існує багато конкретних прикладів практик ЦЕ, все ще бракує досліджень, які б використовували формально визначені показники досягнення ЦЕ в економіці. Такий аналіз важливий для того, щоб можна було отримати перше уявлення про те, чи плани та дії ЦЕ є стійкими в довгостроковій перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо підбору показників ЦЕ виглядає наступним чином. Хмілевська А., Войтко С. [3] індекс циркулярної економіки для порівняльного аналізу переходу країн Європи до ЦЕ розраховують на основі 13 індикаторів. Авторами було проведено аналіз між показником циркулярної економіки та індексом глобальної конкурентоспроможності. Виявлено, що Німеччина, Великобританія, Нідерланди та Австрія є лідерами, а Україна, Болгарія, Кіпр, Греція та Мальта є аутсайдерами за показником ЦЕ та індексом глобальної конкурентоспроможності. Стеліак Н., Стеліак Д. [9] також використали показники переробки, кількість патентів, пов'язаних з ЦЕ, та інвестиції, пов'язані з сектором ЦЕ, для побудови власних сукупних показників для оцінки прогресу ЦЕ у країнах ЄС. Автори дотримувалися офіційної класифікації змінних ЦЕ і основні результати показали, що країни Північної та Західної Європи займають вищу позицію порівняно з південними та східними. Вута М., Енціу А., Чоака С.І. [11] використовували коефіцієнти переробки (в даному випадку лише міських відходів) і кількість патентів щодо концепції ЦЕ. На основі емпіричного аналізу панелі даних усіх країн ЄС було виявлено позитивний вплив заходів ЦЕ на продуктивність у країні. Хаас В., Краусманн Ф., Віденхофер Д., Хайнц М. [5] використовували рівень переробки як індикатор циркулярності економіки ЄС. Базуючись на кількох рівнях переробки різних типів матеріалів, дане дослідження показало, що ці показники є хорошими показниками наближення або відсутності наближення до досягнення ЦЕ. В дослідженні [8] Мітрович Д., Веселіно М. використовували рівень переробки та рівень циклічного використання матеріалів як змінні, щоб побудувати індекси ефективності ЦЕ в рамках підходу аналізу охоплення даних (DEA) для 23 країн ЄС. Отримані рейтингові оцінки показали, що найефективніші країни знаходяться на півночі та сході Європи, а

найнижчі – на периферії. Як видно, науковці використовують різноманітні сукупності показників та різні методи їх узагальнення для дослідження циркулярної економіки. В силу неповної порівняльності, часткової відсутності українських статистичних даних і даних Євростату постає питання у виборі такої методики дослідження показників і побудови на їх основі інтегрального показника, яка б усувала ці перешкоди.

Метою статті є комплексний аналіз розвитку циркулярної економіки в Україні та країнах ЄС на основі теорії реляційного аналізу Грея.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведений порівняльний аналіз методів дослідження ЦЕ в науковій літературі засвідчив, що існує не так багато досліджень, які б порівнювали країни, регіони чи мікроєдиниці з циркулярними планами. У більшості робіт використовуються простіші методи обробки даних через характер дослідження, оскільки це переважно дані опитування думок і сприйняття ЦЕ. Європейська Комісія надає результати вимірювання конкретних показників, що представляють інтерес щодо ЦЕ [2]. В даному випадку пропонується використати ці показники для об'єктивного порівняння ефективності досягнення цілей ЦЕ в Україні.

Виходячи з усієї множини методів дослідження та обмеженості і неповноти статистичної інформації, ми дійшли висновку, що для такого аналізу варто використати реляційний коефіцієнт Грея. Теорія сірих систем розроблена ще у 80-х роках і відносно мало поширена у Європі та західних країнах [7]. Відносний коефіцієнт Грея є частиною реляційного аналізу Грея, тобто Grey Relational Analysis (GRA), методології, розробленої для використання в процесі прийняття рішень, коли дані є невизначеними, дефіцитними та/або неповними. Таким чином, термін «сірий» відноситься до неповної або частково доступної інформації. Методологію GRA можна використовувати для ранжування різних альтернатив на основі кількох критеріїв, які можуть бути суперечливими. Хоча для ранжування альтернатив можна використовувати інші підходи, такі як аналіз охоплення даних, штучний ієрархічний процес, моделі прийняття рішень за кількома критеріями тощо, методологія GRA є простішою порівняно зі згаданими альтернативними підходами. Крім того, у процес моделювання потрібно включати менше суб'єктивності. Підхід GRA в ранжуванні альтернатив не потребує виконання припущень щодо розподілу даних, переклад даних не потрібен (як у деяких моделях DEA), відсутні та сірі дані не створюють проблем у межах цієї методології, можна спостерігати за малими та великими вибірками тощо [7].

Припустимо, що необхідно спостерігати та ранжувати M альтернатив, спостерігаючи їх K

поведінкових послідовностей, де кожна альтернатива m зі своїми даними з послідовності k порівнюється одна з одною, $k \in \{1, 2, \dots, K\}$, $m \in \{1, 2, \dots, M\}$. Дані послідовності поведінки кожної альтернативи складаються з критеріїв, за якими альтернативи ранжуються. Усі дані в період часу/момент t можна сформулювати в одній матриці наступним чином:

$$X_t = \begin{pmatrix} x_1(1)_t & x_1(2)_t & \dots & x_1(K)_t \\ x_2(1)_t & x_2(2)_t & \dots & x_2(K)_t \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_M(1)_t & x_M(2)_t & \dots & x_M(K)_t \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де кожен рядок позначає m -ту альтернативу, стовпці – k -й критерій. Наприклад, $(x_m(1), x_m(2), \dots, x_m(K))$ інтерпретується як послідовність поведінки для m -ї альтернативи.

Першим кроком є нормалізація даних, щоб можна було зробити порівняння за всіма критеріями. Це важливо для того, щоб результати аналізу базувалися на порівняннях вхідних даних. Для нормалізації даних пропонуються три наступні підходи:

1. Якщо критерій є показником-стимулятором, тобто має краще значення, якщо воно більше, нормалізація виконується для кожного періоду наступним чином:

$$y_m(k)_t = \frac{x_m(k)_t - \min_m x_m(k)_t}{\max_m x_m(k)_t - \min_m x_m(k)_t}. \quad (2)$$

2. Якщо критерій є показником-дестимулятором, тобто що менше значення, то кращий критерій, то виконується наступна нормалізація:

$$y_m(k)_t = \frac{\max_m x_m(k)_t - x_m(k)_t}{\max_m x_m(k)_t - \min_m x_m(k)_t}. \quad (3)$$

3. Нарешті, якщо критерій є кращим, якщо його значення ближче до бажаного значення $x^*(k)$, визначеного дослідником, законодавством, угодою тощо, то виконується така нормалізація:

$$y_m(k)_t = \frac{|x_m(k)_t - x^*(k)_t|}{\max_m |x_m(k)_t - x^*(k)_t|}. \quad (4)$$

Якщо індекс t вилучити з умов (1)–(4), то аналіз буде таким же, тільки для одного періоду або для середнього проміжку часу. У цьому дослідженні порівнюватимуться результати протягом кількох років поспіль, тому підхід GRA буде виконано шляхом додавання індексу t до аналізу. Нормалізація в (2)–(4) призводить до того, що змінні знаходяться в діапазоні $[0,1]$, причому значення критеріїв, ближчі до 1, є кращими.

Другий крок включає порівняння нових послідовностей $y_m(k)_t$ з референтною послідовністю $y^*(k)$. Ця референтна послідовність може бути тією, яку визначає дослідник на основі попередніх знань і досвіду, таким чином включаючи

деяку суб'єктивність в аналіз. Крім того, значення можуть бути визначені за середніми показниками по галузі, якщо спостерігати за компаніями, законодавчими обмеженнями тощо. Також, оскільки дані нормалізуються таким чином, що чим ближче значення до одиниці, тим краще, референтна послідовність може складатися з одиничних значень для кожного критерію [6].

На третьому кроці розраховуються абсолютні відхилення між кожною послідовністю поведінки за кожним критерієм:

$$\Delta y_m(k)_t = |y_m(k)_t - y^*(k)|. \quad (5)$$

Четвертий крок включає обчислення коефіцієнта відношення Грея (GRC) для порівнюваних альтернатив за формулою:

$$G_m(k)_t = \frac{\Delta_{\min,t} + p\Delta_{\max,t}}{\Delta y_m(k)_t + p\Delta_{\max,t}}, \quad (6)$$

де p позначає ваговий коефіцієнт, $p \in [0,1]$; і величини $\Delta_{\min,t}$ та $\Delta_{\max,t}$ визначається як:

$$\Delta_{\min,t} = \min \{\Delta y_1(k)_t, \dots, \Delta y_M(k)_t\} \forall k, \quad (7)$$

$$\Delta_{\max,t} = \max \{\Delta y_1(k)_t, \dots, \Delta y_M(k)_t\} \forall k. \quad (8)$$

Значення p може розширювати або стискати значення $G_m(k)_t$ у (6), але рейтинги на основі (6) не змінюються [6]. Більшість існуючих досліджень використовує значення $p=0,5$.

П'ятим кроком є реляційний ступінь Грея (Grey Relational Degree, GRD), розрахований як середньозважене значення всіх $G_m(k)_t$ у (6) для всіх критеріїв:

$$GRD_{m,t} = \sum_{k=1}^K w_k G_m(k)_t \forall m. \quad (9)$$

Ваги w_k присвоюються кожному з критеріїв k , де $\sum_{k=1}^K w_k = 1$. Тепер значення в (9) для кожної альтернативи можна інтерпретувати як ступінь подібності між цією альтернативою та референтною послідовністю $y^*(k)$. Більші значення подібності між m -тою альтернативою та референтною послідовністю означають, що ця спостережувана альтернатива є кращою за своїми критеріями. Значення в (9) будуть розраховані для кожної альтернативи для кожного року в емпіричній частині дослідження. Таким чином, ці значення будуть порівнюватися протягом року. Окрім порівнянь альтернатив із еталонною послідовністю, за потреби можна проводити порівняння з будь-якою обраною еталонною послідовністю.

Змінні були обрані на основі системи моніторингу циркулярної економіки Європейської комісії [2], яка базується на показниках, які згруповано в п'ять категорій: виробництво та споживання, управління відходами, вторинна сировина, конкурентоспроможність та інновації, глобальна стійкість та стабільність. Європейська комісія надає

перелік із 23 індикаторів, класифікованих у вищезазначених п'ятьох категоріях. Основна ідея цього дослідження полягала в тому, щоб включити максимально можливу кількість змінних, визначених ЄС, оскільки це дасть змогу провести порівняльну оцінку ефективності досягнення цілей ЦЕ в Україні та країнах-членах ЄС. Це з одного боку, підтвердить прагнення України бути членом Європейського Союзу і формувати єдину статистичну базу даних (в тому числі щодо ЦЕ), з іншого боку такий підхід забезпечить найкращу порівняльність. Однією з основних проблем, пов'язаних із належною реалізацією політики циркулярної економіки, є відсутність скоординованого підходу до моніторингу статистики ЦЕ [3]. Втім, більшу частину показників все-таки вдалося розрахувати, виходячи з наявної статистичної бази даних [1].

З бази даних Євростату [2] та Державної служби статистики України [1] було зібрано щорічні дані щодо наступних змінних із циркулярної економіки, наведених у табл. 1. Ці змінні були вибрані таким чином, щоб можна було включити якомога більше різних критеріїв для порівнянь/ранжування, а обраний часовий проміжок

становив з 2010 до 2024 року. 2010 рік є першим роком у цьому аналізі, оскільки багато змінних не мали попередніх даних. 2024 рік є останнім, оскільки він був останнім загальнодоступним у Державній службі статистики України. В аналіз були включені 27 країн ЄС загалом та Україна. З 23 показників ЦЕ, які розраховуються Євростатом, до дослідження було включено 16 змінних. Таке обмеження було пов'язане з відсутністю/неможливістю розрахунку українських даних за обраний період за показниками: внесок перероблених матеріалів у попит на сировину; торгівля сировиною, що підлягає вторинній переробці; ціни на вторинну сировину, що підлягає переробці; патенти, пов'язані з переробкою та вторинною сировиною; споживчий слід; залежність від імпорту матеріалів; самозабезпечення України сировиною. Як видно з табл. 1, для окремих змінних відсутні дані як для України, так і для країн ЄС. Наприклад, за показником «Харчові відходи» статистичні дані для країн ЄС формуються, починаючи з 2020 року. Змінну «Приватні інвестиції, пов'язані з секторами циркулярної економіки» для України вдалося розрахувати для

Таблиця 1 – Нормалізовані значення за показниками циркулярної економіки

Показник	П1.1 Попит на видобуток матеріалів		П1.2 Продуктивність ресурсів		П1.3 Утворення відходів		П1.4 Утворення відходів, за винятком основних мінеральних відходів	
	Україна	ЄС	Україна	ЄС	Україна	ЄС	Україна	ЄС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2010	0,06	0,91	0,13	0,69	0,39	0,52		0
2011	0	0	0,05	0	0,31	0,44	0	0,06
2012	0,13	1	0	1	0,3	0,36	0,21	0,11
2013	0,16	0,55	0,09	0,51	0,3	0,39	0,24	0,11
2014	0,56	0,39	1	0,33	0,59	0,41	0,62	0,11
2015	0,46	0,6	0,21	0,46	0,66	0,4	0,56	0,22
2016	0,15	0,38	0,3	0,49	0,71	0,39	0,5	0,33
2017	0,28	0,33	0,79	0,3	0,47	0,19	0,62	0,39
2018	0,09	0,35	0,18	0,28	0,51	0	0,69	0,44
2019	0,23	0,34	0,66	0,41	0,2	0,5	0,77	0,44
2020	0,27	0,68	0,09	0,15	0,12	1	0,82	0,44
2021	0,15	0,22	0,37	0,45	0	0,79	0,87	0,72
2022	1	0,46	0,34	0,7	1	0,58	0,98	1
2023	0,24	0,7	0,95	0,55	0,99		1	
2024	0,09							
Середнє	0,26	0,84	0,37	0,45	0,47	0,46	0,61	0,34
Показник	П1.5 Утворення побутових відходів		П1.6 Харчові відходи		П1.7 Утворення відходів пакування		П1.8 Утворення відходів пластикового пакування	
	Україна	ЄС	Україна	ЄС	Україна	ЄС	Україна	ЄС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2010		0,56				1		1
2011	1	0,64	0		0,95	0,92	1	0,96
2012	0,16	0,85	0		0,52	0,98	0	0,95
2013	0	1	0,32		0,85	0,92	0,98	0,9
2014	0,75	1	0,33		0,6	0,79	0,95	0,78

Продовження Таблиці 1

2015	0,55	0,96	0,42		1	0,68	0,94	0,66
2016	0,52	0,73	0,31		0,3	0,58	0,86	0,57
2017	0,58	0,62	0,33		0,6	0,44	0,89	0,44
2018	0,41	0,62	0,43		0,55	0,46	0,9	0,37
2019	0,41	0,53	0,42		0,62	0,35	0,87	0,26
2020	0,17	0,24	0,65	1	0,76	0,33	0,94	0,21
2021		0	0,84	0	0,72	0	0,81	0
2022		0,35	1	0	0	0,1	0,75	0,03
2023		0,42	0,74		0,93		0,91	
Середнє	0,45	0,61	0,45	0,33	0,65	0,58	0,83	0,55
Показник	П2.1 Коефіцієнт переробки побутових відходів		П2.2 Коефіцієнт переробки відходів, за винятком мінеральних відходів		П2.3 Рівень переробки пакувальних відходів за типом упаковки		П2.4 Рівень переробки відходів електричного та електронного обладнання	
	Україна	ЄС	Україна	ЄС	Україна	ЄС	Україна	ЄС
2010				0		0		
2011	1		0,78	0	1	0,06	0,36	
2012	0,46		0,93	0	0,61	0,33	0,3	
2013	0	0	1	0,1	0,75	0,39	0,22	0,57
2014	0,16	0,23	0,25	0,2	0,11	0,69	0,42	0,34
2015	0,56	0,4	0,34	0,3	0,67	0,72	0,39	0,03
2016	0,58	0,52	0,42	0,4	0,34	1	0,66	1
2017	0,63	0,57	0,19	0,5	0,11	0,97	0,45	0,94
2018	0,4	0,58	0,15	0,6	0	0,44	0,27	0,29
2019	0,28	0,68	0,1	0,8	0	0,22	0,74	0,17
2020	0,1	0,87	0,05	1	0,07	0	1	0,71
2021		1	0	0,8	0,07	0	0,77	0,26
2022		0,9	0,01	0,6	0,21	0,36	0,56	0
2023			0,19		0,61		0	
Середнє	0,42	0,58	0,34	0,41	0,35	0,4	0,47	0,43
Показник	П3.1 Коефіцієнт використання циркулярних матеріалів		П4.1 Приватні інвестиції, пов'язані з секторами циркулярної економіки		П4.2 Особи, зайняті в секторах циркулярної економіки		П5.2 Викиди парникових газів від виробничої діяльності	
	Україна	ЄС	Україна	ЄС	Україна	ЄС	Україна	ЄС
2010		0,31					0,08	0
2011		0					0	0,06
2012		0,5			1		0,01	0,14
2013		0,62			0,94		0,04	0,26
2014	0,46	0,56		0	0,59	0	0,42	0,38
2015	0,49	0,62		0,33	0,2	0,04	0,72	0,35
2016	0,5	0,75		0,33	0,12	0,19	0,65	0,36
2017	1	0,81		0,67	0,07	0,36	0,81	0,31
2018	0,17	0,87		0,67	0,09	0,48	0,85	0,39
2019	0,19	0,62	0,88	1	0,15	0,66	0,84	0,56
2020	0	0,62		0,67	0,02	0,62	1	0,9
2021		0,56	0,63	0,67	0	1	0,95	0,72
2022		0,81	0	0,67		0,38		0,76
2023		1	1	0,67		0,54		1
Середнє	0,4	0,62	0,63	0,57	0,32	0,43	0,53	0,44

Джерело: розраховано автором

2019, 2021-2023 років. Таким чином, аналіз було виконано з кількома відсутніми записами даних для періоду 2011-2023 роки. Для 2010 року аналіз було здійснено на основі перших трьох змінних та останньої змінної, наведених в табл. 1.

Як описано вище, усі критерії нормалізувалися кожного року для України та країн ЄС за допомогою формули (2) для показників-стимуляторів та формули (3) для показників-дестимуляторів. Таким чином, було усунуто негативний вплив окремих показників (дестимуляторів) і нормалізовані дані показують, що, чим більше їх значення, тим кращі показники країни в цій сфері (табл. 1). В останньому рядку табл. 1 наведено середні значення за період дослідження за кожним із показників. Як видно з табл. 1, одне значення для кожного показника як для України, так і для ЄС за роками рівне 0, що свідчить про найнижчий рівень розвитку в даному році, або 1, яка показує найвищий рівень розвитку ЦЕ за даною змінною в досліджуваному періоді.

Такий підхід дозволяє одночасно здійснювати порівняльний аналіз показників, які мають як позитивний, так і негативний вплив на розвиток ЦЕ в динаміці. Таким чином, чим ближче значення нормалізованого показника до 1, тим більшим є його вклад у розвиток ЦЕ. Також позитивна зростаюча динаміка показника свідчить про підвищення розвитку ЦЕ. Як видно, позитивна зростаюча тенденція до покращення розвитку ЦЕ відбувається за рахунок зменшення утворення відходів та викидів парникових газів в Україні та ЄС, зростання частки перероблених побутових відходів та використання циркулярних матеріалів в тому числі в країнах ЄС.

Наступним кроком було визначення референтної послідовності (або еталонного значення) за середніми показниками по країні: $y^*(k) = y_m(k)$. На основі отриманих даних коефіцієнта відношення Грея обчислено реляційний ступінь Грея (GRD) за формулою (9). Припускалося, що всі показники є рівновагомими. В табл. 2 зображено GRD для України та ЄС в річному розрізі. Як видно з табл. 2, у 2010, 2014-2017, 2019, 2021 роках GRD для України перевищував середній GRD по країнах ЄС.

Щоб підтвердити правильність розрахунків та порівняльну можливість GRD для України та ЄС, проведено додаткові розрахунки для окремих країн ЄС з одним з найбільших та найменших GRD. Для цього обрано Францію та Румунію.

Отримані результати узгоджуються з отриманими висновками в роботі [8], де автори побудували власні показники ЦЕ за допомогою аналізу DEA, і обрані країни також отримали найвищі та найнижчі показники в рейтингу. Країни з найвищими показниками загалом демонструють більш стабільні GRD з часом. Це може свідчити про те, що згадані країни вже досягли певної передової практики та досягли цілей і зараз зберігають хороші результати. Причиною того, чому вони мають кращий рейтинг порівняно з іншими в аналізі, є впровадження успішної політики, пов'язаної з відновлюваною енергією, розширення доступу до чистого палива, найвищі чисті показники охоплення освітою з найвищими індексами сприйняття корупції. Зокрема, в роботі [10] Цай В. та ін. пояснюють, що уряд Франції, наприклад, надає субсидії на технології та галузі в цілому, пов'язані з низьким рівнем викидів вуглецю та з низьким впливом на навколишнє середовище. Крім того, отримані результати підтверджують звіт Європейської комісії [4], в якому визначено 9 держав-членів ЄС, які ризикували не досягти цілей щодо політики переробки та утилізації відходів. Наприклад, проблема поводження з відходами в Румунії залишалася ключовим викликом, а також вторинне використання матеріалів, яке становило близько 1,5% у 2015 році, порівняно із середнім показником для ЄС-28 у 11,7% [4], з найвищими показниками на особу, що утворювалися в ЄС. Деякі дослідження виявили, що багато країн, які мають найбільше проблем із ЦЕ, характеризуються нижчою обізнаністю щодо цих тем не лише серед споживачів, але й серед компаній та органів влади [4, 10]. Тому, окрім законодавства та планів дій, які встановлюють цілі, має бути посилення дій і гравців, які вимірюють і контролюють, чи досягаються ці поставлені цілі. Необхідно підвищити обізнаність громадськості та освіти щодо ЦЕ, оскільки це також збільшить тиск на уряд і промисловість, щоб вони працювали над досягненням цілей ЦЕ та сталого розвитку. Сьогодні це легше досягти завдяки більшій доступності даних та інформації, які легко доступні онлайн.

На рис. 1 відображено динаміку зміни реляційного ступеня Грея (GRD). Як бачимо, відбувається певна синхронна зміна показника GRD в динаміці як для країн з найкращими і найгіршими показниками, так і для України і ЄС в цілому. У 2016-2019 рр. усі країни та ЄС загалом демонстрували збільшення значень GRD, що вказує на

Таблиця 2 – Обчислені значення GRD

Період	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Україна	0,63	0,50	0,56	0,55	0,75	0,78	0,79	0,77	0,77	0,73	0,59	0,68	0,54	0,56	0,70
ЄС	0,59	0,54	0,60	0,68	0,65	0,73	0,78	0,74	0,78	0,70	0,61	0,59	0,64	0,71	-

Джерело: розраховано автором

те, що вони вдосконалювали свої заходи циркулярної економіки за допомогою змін у всій системі. Країни з найнижчим GRD мали вищі індекси корупції у світових рейтингах, а також нижчі індекси ефективності уряду та гірші результати PISA в освіті. Таким чином, існують деякі корелюючі фактори між найкращими та найгіршими, які, безперечно, впливають на їхні результати. Наприклад, проблеми Румунії з найгіршим рейтингом включають низьку екологічну обізнаність у румунських компаніях, нестабільну законодавчу базу, незавершені проекти, які мають створити інтегровані системи управління відходами, відсутність належної інфраструктури тощо [4]. Як бачимо, за крайніми показниками GRD, Україна знаходиться нижче в рейтингу від Франції (окрім 2010 р., 2014-2018 рр. та 2021 р.) та Румунії (окрім 2010 р., 2014-2016 рр., 2019 та 2021 рр.). Отже, можна припустити, що Україна, як і країни ЄС синхронно змінювала свої стратегії поведінки щодо розвитку ЦЕ, поступово впроваджуючи кращі європейські практики. Тому політики можуть провести повне порівняння та зосередитися на подальшому аналізі конкретних країн, щоб знайти хороші та погані практики.

Для більш детального аналізу порівняно отримані результати реляційного індексу Грея для

Франції, Румунії, України та ЄС за окремими показниками. В табл. 3 наведено значення GRD, а також місце кожного показника в рейтингу - ранг.

З отриманих значень показників табл. 3, видно, що за попитом на ресурси (П1.1) Україна лідирує, однак за продуктивністю використання цих ресурсів (П1.2) посідає останнє місце. За показниками утворення відходів (П1.3-П1.8) місце України змінюється в рейтингу залежно від показника. Втім варто відмітити низький рівень показника «Харчові відходи», що пов'язано із відсутністю жорсткої політики сортування відходів в розглядуваний період. За показниками коефіцієнтів переробки відходів (П2.1-П2.4) Україна посідає середнє місце. Така ситуація пояснюється знову ж таки відсутністю політики утилізації відходів в країні, а відповідно більша частка відходів облікувалась як змішані і не потрапила до статистики відходів ЦЕ. Аналогічно можна дати пояснення високому значенню показника П3.1 використання циркулярних матеріалів. Щодо приватних інвестицій, пов'язаних з секторами ЦЕ, значення цього показника для України є доволі низьким (0,54) і знаходиться на рівні значення Румунії. Низьку залученість приватних інвестицій в циркулярну економіку, в тому числі і прямих іноземних інвестицій, можна пояснити високим індексом корупції

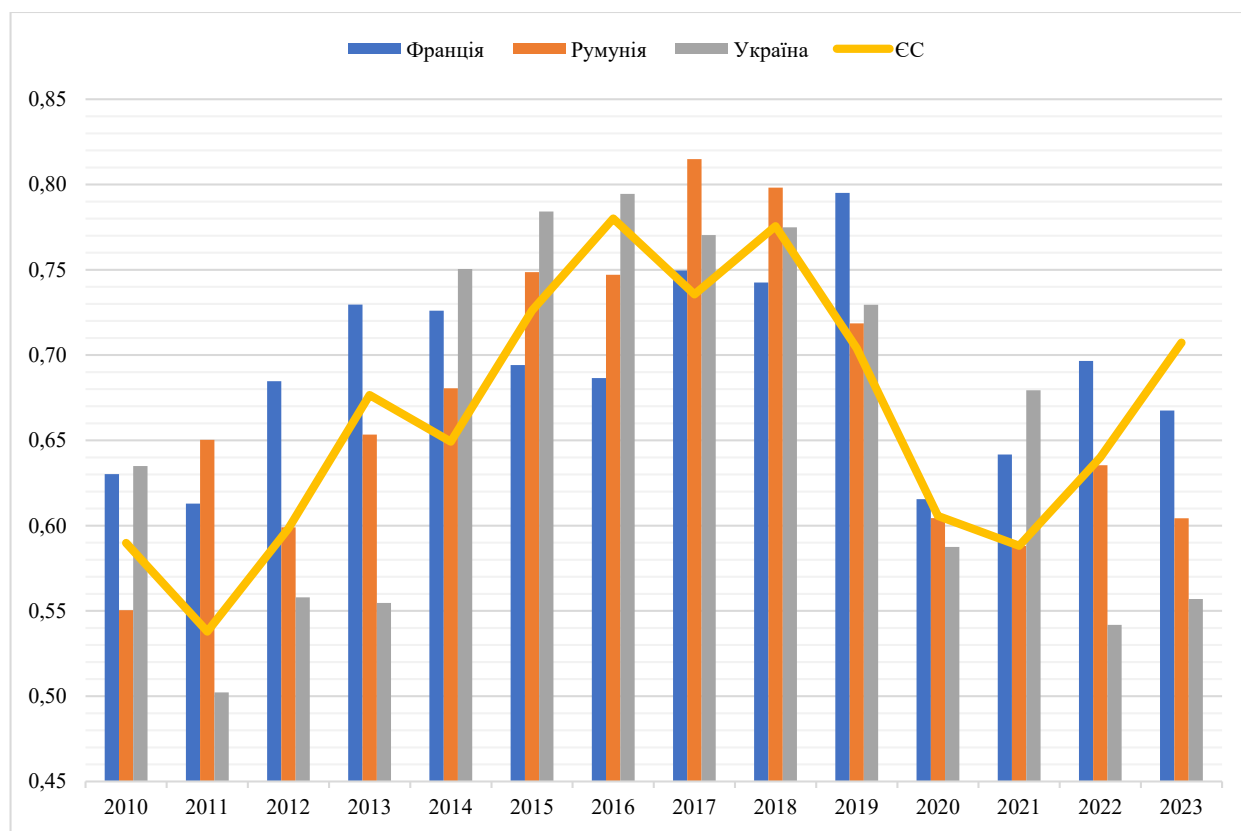


Рисунок 1 – Порівняльна динаміка реляційного індексу Грея для Франції, Румунії, України та ЄС

Джерело: розраховано автором

Таблиця 3 – Результати реляційного індексу Грея для Франції, Румунії, України та ЄС за окремими показниками

Позначення	GRD				Ранг			
	Франція	Румунія	Україна	ЄС	Франція	Румунія	Україна	ЄС
П1.1	0,65	0,62	0,75	0,67	9	11	2	9
П1.2	0,60	0,73	0,59	0,69	15	3	14	7
П1.3	0,58	0,69	0,60	0,74	16	7	13	3
П1.4	0,66	0,52	0,66	0,66	8	16	7	11
П1.5	0,75	0,65	0,71	0,67	3	9	6	10
П1.6	0,96	0,96	0,65	0,89	1	1	9	1
П1.7	0,61	0,61	0,73	0,57	14	12	4	15
П1.8	0,71	0,55	0,84	0,56	5	13	1	16
П2.1	0,64	0,62	0,64	0,64	10	10	10	12
П2.2	0,62	0,72	0,61	0,57	13	4	12	14
П2.3	0,68	0,54	0,57	0,60	6	14	15	13
П2.4	0,67	0,71	0,66	0,69	7	6	8	8
П3.1	0,63	0,72	0,72	0,73	11	5	5	4
П4.1	0,90	0,53	0,54	0,85	2	15	16	2
П4.2	0,71	0,80	0,74	0,71	4	2	3	5
П5.2	0,63	0,67	0,63	0,70	12	8	11	6

Джерело: розраховано автором

України у світових рейтингах, низьким індексом ефективності уряду, воєнною агресією росії тощо.

На рис. 2 відображено вклад кожного показника у відсотковому вираженні у розвиток ЦЕ. Існують суттєві відмінності між часткою показників в Україні та в країнах ЄС. Зокрема, найбільший вклад у Франції, Румунії та країнах ЄС загалом здійснює показник «Харчові відходи». В Україні найбільший вклад має показник «Утворення відходів пластикового пакування на особу», що, як зазначалось вище, пов'язане з відсутністю уніфікованої з ЄС жорсткої політики сортування відходів. Найменший вклад по країнах ЄС мають показники утворення відходів (окрім харчових відходів), в той час, як в Україні, найменше значення має показник «Приватні інвестиції, пов'язані з секторами ЦЕ».

Висновки. У цьому дослідженні було емпірично оцінено досягнення ЦЕ України, окремих європейських країн та ЄС загалом шляхом застосування реляційного аналізу Грея. Для порівняльного аналізу було обрано європейські країни з найвищим та найнижчим рівнем розвитку та впровадження практик ЦЕ. Завдяки тому, що більшість європейських країн дотримуються рекомендацій та законодавства ЄС щодо концепцій та цілей ЦЕ, це робить їх більш порівнянними на відміну від деяких інших досліджень, які розглядають дуже різні країни. Це дослідження показує, що варто використовувати динамічний підхід через структурні та інші зміни в економіці, які відбуваються з часом. У країнах, які характеризуються нижчою поінформованістю щодо розвитку ЦЕ, в тому числі і Україні, варто запровадити

кращу освіту з питань ЦЕ, щоб, з одного боку, споживачі стали більш свідомими та уважними щодо використання, повторного використання та ремонту продуктів, з одного боку, що зменшить загальну кількість утворених відходів і збільшить рівень переробки всіх видів матеріалів і відходів, а також покращить рівень відновлення енергії. З іншого боку, краща кваліфікована робоча сила в усіх типах бізнесу призведе до швидшого досягнення ЦЕ. Для всіх країн і галузей промисловості, які прагнуть досягти розвитку ЦЕ, варто звести до мінімуму залежність від сировини з інших країн. Не лише через можливу геополітичну напругу, оскільки ці ресурси з часом зменшуються; але через повторне використання одних і тих самих ресурсів у підході ЦЕ, що також може знизити ціну використання таких матеріалів.

Варто відмітити, що існують певні недоліки дослідження, які включають відносно короткий проміжок часу через відсутність даних від Європейської комісії та Державної служби статистики України, а також через недоступність окремих даних, відсутність скоординованого підходу до моніторингу статистики ЦЕ. Крім того, не вдалося також спостерігати за регіональними показниками (таких немає даних). Тому плани та дії в частині розвитку ЦЕ повинні включати підвищення якості офіційної статистики, яка вимірює те, що було (або не було) досягнуто. Варто відмітити, що у дослідження було включено максимально можливу кількість змінних, які вдалося статистично оцінити для України та країн ЄС. Теоретично обговорювалося багато концепцій ЦЕ, але на практиці їх часто важко перевірити через відсут-

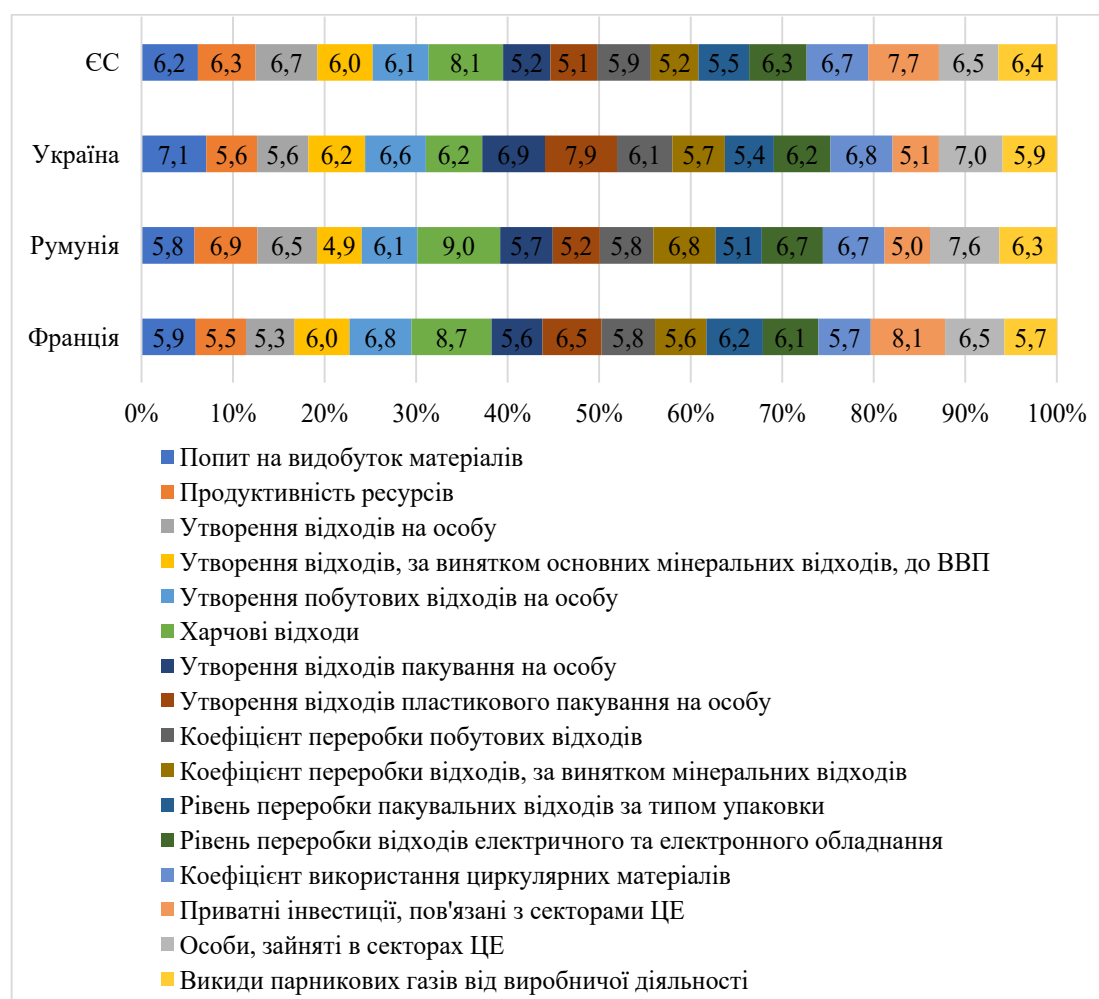


Рисунок 2 – Вклад показників у розвиток ЦЕ, %

Джерело: розраховано автором

ність, неповноту, непорівняльність статистичних даних. Тому подальше дослідження планується з більшою доступністю даних. Нарешті, оскільки підхід, використаний на цьому етапі, спрямова-

ний на об'єктивну оцінку (не)ефективності, у подальшому дослідженні планується використати методичний підхід оцінки досяжності цілей розвитку циркулярної економіки.

Список використаних джерел:

1. Державна служба статистики України. База даних. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 08.07.2025).
2. Євростат. База даних. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> (дата звернення: 05.07.2025).
3. Хмілевська А., Войтко С. Формування індексу циркулярної економіки для порівняльного аналізу переходу країн Європи до циркулярної економіки. *Економіка та суспільство*. 2021. № 32. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-58> (дата звернення: 02.07.2025).
4. European Commission Report, Environmental Implementation Review 2019 the EU Environmental Implementation Review 2019, Country Report - Romania. Brussels. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52018DC0656> (дата звернення: 02.07.2025).
5. Haas W., Krausmann F., Wiedenhofer D., Heinz M. How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. *J. Ind. Ecol.* 2015. № 19 (5), 765e777.
6. Kuo Y., Yang T., Huang G.-W. The use of a grey-based Taguchi method for optimizing multi-response simulation problems. *Eng. Optim.* 2008. № 40(6), 517e528.
7. Liu S., Yang Y., Forrest J. *Grey Data Analysis: Methods, Models and Applications*. Singapore: Springer Science & Business Media, 2016

8. Mitrovic D., Veselino M. Measuring countries competitiveness in circular economy – composite index approach. *Quantitative Models in Economics*. Beograd : University of Belgrade, Faculty of Economics Publishing Centre. 2018. P. 417-436.
9. Steliac N., Steliac D. What is the progress of EU circular economies? *Ecoforum*. 2019. № 8(2), 1e9.
10. Tsai W.-H., Lee H.-L., Yang C.-H., Huang C.-C. Input-output analysis for sustainability by using DEA method: a comparison study between European and Asian countries. *Sustainability*. 2016. №8(12), 1e17.
11. Vuta M., Enciu A., Cioaca S.I. Assessment of the circular economy's impact in the EU economic growth. *Amfiteatru Economic*. 2018. №20(48), 248e261.

References:

1. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Baza danykh [State Statistics Service of Ukraine. Database]. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (access date: 08.07.2025). (in Ukrainian)
2. Ievrostat. Baza danykh [Eurostat. Database]. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> (access date: 05.07.2025). (in English)
3. Khmylevska A., Voitko S. (2021). Formuvannia indeksu tsyrkuliarnoi ekonomiky dlia porivnialnoho analizu perekhodu krain Yevropy do tsyrkuliarnoi ekonomiky [Formation of the circular economy index for comparative analysis of the transition of European countries to a circular economy]. *Ekonomika ta suspilstvo - Economy and Society*, no. 32. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-58> (access date: 02.07.2025). (in Ukrainian)
4. European Commission. *Report, Environmental Implementation Review 2019 the EU Environmental Implementation Review 2019, Country Report - Romania*. Brussels. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52018DC0656> (access date: 02.07.2025).
5. Haas W., Krausmann F., Wiedenhofer D., Heinz M. (2015). How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. *J. Ind. Ecol.*, vol. 19 (5), 765e777.
6. Kuo Y., Yang T., Huang G.-W. (2008). The use of a grey-based Taguchi method for optimizing multi-response simulation problems. *Eng. Optim.*, vol. 40(6), 517e528.
7. Liu S., Yang Y., Forrest J. (2016). *Grey Data Analysis: Methods, Models and Applications*. Singapore: Springer Science & Business Media.
8. Mitrovic D., Veselino M. (2018). Measuring countries competitiveness in circular economy – composite index approach. *Quantitative Models in Economics*. Beograd: University of Belgrade, Faculty of Economics Publishing Centre, pp. 417-436.
9. Steliac N., Steliac D. (2019). What is the progress of EU circular economies? *Ecoforum*, vol. 8(2), 1e9.
10. Tsai W.-H., Lee H.-L., Yang C.-H., Huang C.-C. (2016). Input-output analysis for sustainability by using DEA method: a comparison study between European and Asian countries. *Sustainability*, vol. 8(12), 1e17.
11. Vuta M., Enciu A., Cioaca S.I. (2018). Assessment of the circular economy's impact in the EU economic growth. *Amfiteatru Economic*, vol. 20(48), 248e261.

Стаття надійшла до редакції 01.08.2025