УДК 339.9

Ляшенко Оксана Миколаївна
доктор економічних наук, професор,
професор-дослідник кафедри економіки та економічної історії,
Університет Севільї (Іспанія);
професор кафедри економіки і торгівлі
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Liashenko Oksana
Doctor of Economic Sciences, Professor,
Universidad de Sevilla (Spain);
Professor of Economic and Trade Department
Lesya Ukrainka Volyn National University
ORCID: 0000-0001-5489-815X

Дем'янюк Ольга Борисівна
кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри міжнародних економічних відносин
Західноукраїнський національний університет
Demianiuk Olga
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Department of International Economic Relations
West Ukrainian National University
ORCID: 0000-0002-4699-0172

DOI: 10.25313/2520-2294-2025-3-10791

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК

MODELING THE INTERACTION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS AND THEIR IMPACT ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT

Анотація. *Вступ. Цілі сталого розвитку (ЦСР), запроваджені ООН, охоплюють широкий спектр напрямів – від подолання бідності та зменшення нерівності до збереження екосистем і забезпечення сталого економічного розвитку. Однак досягнення цих цілей потребує комплексного підходу, що враховує їхню взаємодію та можливі компроміси між економічними, соціальними та екологічними аспектами. Взаємодія між окремими ЦСР є складною та багатоаспектною, оскільки досягнення однієї мети може як сприяти, так і створювати виклики для реалізації інших цілей. Моделювання взаємозв'язків між ЦСР є ефективним інструментом для оцінки їхнього впливу на економічний розвиток, виявлення синергій та потенційних конфліктів між різними цілями.*

Мета. Метою статті є моделювання взаємодій між Цілями сталого розвитку (ЦСР) та їх впливом на економічний розвиток країн світу з використанням структурного моделювання з медіацією.

Матеріали і методи. У статті використано структурне моделювання з медіацією для аналізу взаємозв'язків між ЦСР та їх впливом на економічний розвиток. Для побудови моделі було проведено факторний аналіз, що базувався на даних індексів ЦСР, отриманих зі звіту ООН за 2024 рік, що охоплює всі 193 держави-члени. Застосовано метод структурного рівняння (SEM), що базується на одночасному розв'язанні систем рівнянь, які моделюють складні взаємозв'язки між змінними. Основні змінні включали показники ЦСР та ВВП у постійних цінах 2010 року. Статистичний аналіз виконано за допомогою програмного забезпечення STATA.

Результати. Результати дослідження показують, що більшість ЦСР мають неоднозначний вплив на ВВП: соціально-економічні ініціативи здебільшого сприяють зростанню, тоді як екологічні аспекти можуть створювати короткострокові

економічні витрати. Латентні фактори, пов'язані із соціально-економічними аспектами (FA_1), мають позитивний вплив на ВВП, тоді як фактори, що охоплюють екологічні показники (FA_2), демонструють негативний ефект. Модель також виявила синергію між окремими ЦСР, яка частково компенсує їхній негативний вплив на економіку.

Перспективи. Подальші дослідження будуть зосереджені на регіональних особливостях впровадження ЦСР, з врахуванням відмінностей в ресурсах, політичних умовах та соціально-економічних контекстах. Також перспективним є використання динамічних моделей, які дозволять оцінити вплив ЦСР у довгостроковій перспективі та врахувати змінність економічних і соціальних умов.

Ключові слова: *цілі сталого розвитку (ЦСР), моделювання структурних рівнянь, медіаційний аналіз, економічний розвиток, синергія, компроміси, політика сталого розвитку.*

Summary. *Introduction. The Sustainable Development Goals (SDGs), established by the United Nations, encompass many objectives, from eradicating poverty and reducing inequality to preserving ecosystems and promoting sustainable economic development. Achieving these goals necessitates a comprehensive approach considering their interconnections and the potential trade-offs among economic, social, and environmental dimensions. The interactions between individual SDGs are complex and multifaceted, as progress toward one goal can either facilitate or hinder the realization of others. Modeling SDG interrelationships is an effective tool for assessing their impact on economic development, identifying synergies, and detecting potential conflicts among various stakeholders' objectives.*

Purpose. This article aims to model the interactions among the Sustainable Development Goals and their impacts on the economic development of countries globally, utilizing structural equation modeling with mediation.

Materials and Methods. This study employs structural equation modeling (SEM) with mediation to analyze the interrelationships among the Sustainable Development Goals (SDGs) and their impact on economic development. We conducted factor analysis using SDG index data derived from the United Nations' 2024 report, which encompasses all 193 member states. The SEM approach, allowing for the simultaneous resolution of equations, was used to model the intricate relationships among variables. Key variables included SDG indicators and GDP adjusted to constant 2010 prices. Statistical analysis was performed using the STATA software package.

Results. The findings show that most SDGs have an ambiguous effect on GDP. Socio-economic initiatives typically foster economic growth, while environmental factors may involve short-term economic costs. Latent factors related to socio-economic dimensions (FA_1) positively influence GDP, whereas environmental indicators (FA_2) negatively affect GDP. The model also highlights synergies between certain SDGs that partially alleviate their adverse economic impacts.

Perspectives. Future research will focus on regional variations in SDG implementation, considering differences in resource availability, political conditions, and socio-economic contexts. Additionally, the application of dynamic models holds promise for evaluating the long-term effects of SDGs and capturing the variability of economic and social conditions over time.

Key words: *Sustainable Development Goals (SDGs), structural equation modeling, mediation analysis, economic development, synergy, trade-offs, sustainability policies.*

Актуальність теми. Цілі сталого розвитку (ЦСР), прийняті ООН у 2015 році, стали глобальною концепцією для забезпечення гармонійного соціального, економічного та екологічного розвитку. Вони охоплюють широкий спектр питань, від боротьби з бідністю до подолання змін клімату, та спрямовані на створення стійкого майбутнього для всіх країн. Проте, їх реалізація має багатовимірний характер, адже прогрес у досягненні однієї цілі може як сприяти, так і гальмувати інші аспекти розвитку. Тому виникає необхідність у дослідженні того, як різні ЦСР взаємодіють одна з одною та як ці взаємодії впливають на економіку країн. Кількісне оцінювання синергетичного впливу прогресу у досягненні ЦСР є важливим для формування ефективної державної політики, яка враховує одночасно економічні, соціальні та екологічні пріоритети. Емпіричні дослідження показують, що інвестиції у такі сфери, як освіта, інфраструктура чи інновації, можуть значно прискорити економічний розвиток за рахунок мультиплікаційного ефекту. Водночас, нехтування оцінкою компромісів, таких як витрати на екологічні ініціативи або вплив соціальних реформ, може призвести до непрогнозованих наслідків. Аналіз синергії між ЦСР на рівні країн дозволяє не лише підвищити розуміння цих процесів, але й сприяти більш зваженому плануванню і стратегічному розподілу ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні аспекти взаємозв'язку між сталим розвитком і економічним зростанням активно досліджуються як українськими, так і закордонними вченими. Зокрема, українські дослідники, такі як О. Баула [1], О. Лютак [1], С. Ковальчук [2], акцентують увагу на необхідності впровадження екологічно орієнтованих політик у процесі економічного планування. У міжнародному контексті значний внесок зробили роботи С. Рокстрема та Дж.Сакса [3], які підкреслюють роль глобального управління у досягненні ЦСР, та дослідження Дж. Стігліца [4], що розглядають соціально-економічні наслідки нерівності в доступі до ресурсів.

Концепція синергії в межах Цілей сталого розвитку (ЦСР) передбачає, що прогрес в одній сфері може сприяти досягненню успіхів в інших. Наприклад, інвестиції в освіту (ЦСР 4) можуть призводити

до покращення стану здоров'я (ЦСР 3) та економічного зростання (ЦСР 8) завдяки формуванню більш кваліфікованої робочої сили [5; 6].

Водночас можуть виникати компроміси, коли досягнення певних цілей відбувається за рахунок інших, наприклад, пріоритет економічного зростання може призвести до деградації довкілля [7]. Це підкреслює необхідність збалансованого підходу, що максимізує синергію та мінімізує негативний вплив на інші цілі.

Крім того, ЦСР створені для їх реалізації як інтегрованої цілісності, що наголошує на важливості міжсекторної співпраці [8; 9]. Наприклад, взаємозв'язки між сталою енергетикою (ЦСР 7), діями щодо зміни клімату (ЦСР 13) та економічним зростанням (ЦСР 8) демонструють, як ініціативи у сфері стійкої енергетики можуть сприяти економічному розвитку та водночас пом'якшувати наслідки зміни клімату [10].

Ефективна реалізація ЦСР потребує тонкого розуміння цих взаємодій, що дозволяє визначати стратегії, які використовують синергію та вирішують питання компромісів [11]. Отже, взаємодія між синергією та компромісами у ЦСР є ключовою для сприяння сталому економічному розвитку. Прийняття цілісного підходу, який визнає взаємопов'язаність ЦСР, дозволяє урядам і організаціям розробляти політики, що не лише стимулюють економічне зростання, але й забезпечують соціальну рівність та екологічну стійкість. Такий інтегрований підхід є необхідним для досягнення амбітних завдань, визначених у Порядку денному сталого розвитку до 2030 року.

Однак, незважаючи на численні теоретичні та емпіричні дослідження, аспекти моделювання і кількісного оцінювання синергетичних ефектів між ЦСР і економічним розвитком залишаються недостатньо вивченими. Це створює прогалину, яка обмежує можливості розробки ефективних інструментів прогнозування та політичного планування на основі науково обґрунтованих пропозицій.

Метою статті є моделювання взаємодій між ЦСР та їх впливом на економічний розвиток країн світу з використанням структурного моделювання з медіацією. Стаття спрямована на визначення як прямих, так і непрямих ефектів соціально-економічних та екологічних аспектів ЦСР на зміну ВВП, а також на оцінку синергії та компромісів, які виникають у процесі реалізації цих цілей. Це дослідження базується на глобальних даних ООН за 2024 рік і дозволяє отримати науково обґрунтовані рекомендації для стратегічного планування сталого розвитку, що поєднує економічне зростання із соціальною рівністю та екологічною стійкістю.

Матеріали і методи. У дослідженні використано структурне моделювання з медіацією для аналізу взаємозв'язків між ЦСР та їх впливом на економічний розвиток. Цей підхід дозволяє оцінити як прямі, так і непрямі ефекти соціально-економічних і екологічних аспектів ЦСР на зміну валового внутрішнього продукту (ВВП). Для побудови моделі було проведено факторний аналіз, який дозволив сформувати дві латентні змінні, що відображають синергетичну взаємодію ЦСР: *FA_1* (соціально-економічний вимір) та *FA_2* (екологічний вимір). Факторний аналіз базувався на даних індексів ЦСР, отриманих зі звіту ООН за 2024 рік, що охоплює всі 193 державичлени. Застосовано метод структурного моделювання (SEM), що базується на одночасному розв'язанні систем рівнянь, які моделюють складні взаємозв'язки між змінними. Основні змінні включали показники ЦСР та валовий внутрішній продукт у постійних цінах 2010 року. Статистичний аналіз виконано за допомогою програмного забезпечення STATA, що дозволило оцінити шляхи впливу, синергію та компроміси між цілями сталого розвитку. Факторний аналіз забезпечив чітке групування показників за змістовними ознаками, що підвищило точність та інтерпретованість отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу. Для моделювання ми використовуємо дані з Sustainable Development Report 2024 [12], який відстежує прогрес усіх 193 держав-членів ООН щодо 17 Цілей сталого розвитку. Використання глобальної бази даних ООН забезпечує всебічність і репрезентативність моделі, дозволяючи аналізувати як окремі впливи кожної ЦСР, так і їхню взаємодію на економічний розвиток країн.

У нашій моделі використано показник ВВП за 2024 р. за ринковими цінами у постійних цінах 2010 року, виражений у національній валюті та скоригований за сезонними коливаннями (*GDPmpcs*), оскільки він є одним із найважливіших показників для аналізу прогресу у світовому розвитку та міжкраїнних порівнянь. Доцільність його використання у моделі обумовлена низкою переваг:

– використання постійних цін 2010 року дозволяє усунути вплив інфляції, що забезпечує порівнянність економічної динаміки без викривлення, що зумовлене зміною цін;
– застосування національної валюти у поєднанні з сезонно скоригованими даними дозволяє уникнути спотворень, пов'язаних із короткостроковими коливаннями, такими як святкові сезони чи циклічні зміни в економічній активності, що створює стабільну базу для аналізу довгострокових тенденцій;
– показник охоплює широкий спектр економічної діяльності, включаючи виробництво товарів і послуг, що робить його універсальним інструментом для оцінки рівня розвитку економіки.

Таким чином, ВВП у постійних цінах 2010 року є ключовим індикатором для аналізу економічного прогресу, що дозволяє виявляти глобальні закономірності розвитку та визначати лідерів економічного зростання.

Результати факторного аналізу (рис. 1) показали, що множина показників, які відображають прогрес

у досягненні ЦСР в усіх країнах світу у 2024 році, має чітко визначену факторну структуру. Індекс Кайзера-Мейєра-Олкіна (KMO) для всього набору даних становить 0.831, що свідчить про високий рівень кореляції між змінними, достатній для проведення факторного аналізу. Тест Бартлетта також є статистично значущим ($\chi^2 = 1090.917$, $p < 0.001$), що підтверджує наявність взаємозв'язків між показниками. Було виокремлено два основних фактори, які пояснюють 53.5% дисперсії в даних. Перший фактор пояснює 45.3% загальної варіації, другий — ще 8.2%.

Відповідно до факторних навантажень (*factor loadings*), перший фактор (*FA_1*) має найвищі значення для показників, пов'язаних із соціальними та економічними аспектами сталого розвитку (наприклад, ЦСР 3, 9, 12), тоді як другий фактор (*FA_2)* включає в основному екологічні показники (наприклад, ЦСР 13, 14). Високі факторні навантаження, що перевищують 0.7, свідчать про чітке групування змінних за змістовними ознаками. Це дозволяє зробити висновок, що факторний аналіз успішно виокремив основні компоненти, які відображають різні виміри взаємозв'язків ЦСР.

Структурна модель з медіацією базується на оцінці шляхів впливу, що дозволяє досліджувати як прямі, так і непрямі зв'язки між змінними. В основі цього підходу лежить припущення, що вплив незалежної змінної (у нашому випадку показників, ЦСР) на залежну змінну (ВВП у ринкових цінах) може бути як прямим, так і опосередкованим через латентні змінні (наприклад, соціально-економічні та екологічні фактори). Ця методологія базується

Kaiser-Meyer-Olkin Test

	MSA
Overall MSA	0.831
Goal 1 Score	0.739
Goal 2 Score	0.879
Goal 3 Score	0.918
Goal 4 Score	0.789
Goal 5 Score	0.655
Goal 6 Score	0.911
Goal 7 Score	0.838
Goal 8 Score	0.935
Goal 9 Score	0.923
Goal 10 Score	0.896
Goal 11 Score	0.836
Goal 12 Score	0.920
Goal 13 Score	0.645
Goal 14 Score	0.429
Goal 15 Score	0.604
Goal 16 Score	0.880
Goal 17 Score	0.569

Bartlett's Test

χ^2	df	p
1090.917	136.000	< .001

Chi-squared Test

	Value	df	p
Model	284.871	103	< .001

Factor Loadings

	Factor 1	Factor 2	Uniqueness
Goal 3 Score	0.905		0.157
Goal 16 Score	0.873		0.237
Goal 9 Score	0.862		0.216
Goal 12 Score	-0.855		0.210
Goal 11 Score	0.830		0.231
Goal 1 Score	0.785		0.375
Goal 4 Score	0.753		0.432
Goal 6 Score		0.714	0.212
Goal 7 Score	0.707		0.454
Goal 10 Score	0.629		0.562
Goal 5 Score	0.594		0.584
Goal 8 Score	0.590		0.636
Goal 13 Score		0.615	0.310
Goal 2 Score	0.531		0.717
Goal 14 Score		0.678	0.886
Goal 15 Score		0.788	0.834
Goal 17 Score		0.789	0.858

Note. No rotation method applied.

Factor Characteristics

	Eigenvalues	SumSq. Loadings	Proportion var.	Cumulative
Factor 1	8.040	7.699	0.453	0.453
Factor 2	1.903	1.390	0.082	0.535

Рис. 1. Результати факторного аналізу (скріншот розрахунків STATA18.0)
Джерело: розраховано авторами за даними [12]

на концепції структурного моделювання, що використовує системи рівнянь для одночасного аналізу взаємозв'язків між змінними.

Медіаційний аналіз має на меті виявити, як і через які механізми незалежні змінні впливають на залежні. Прямі ефекти відображають безпосередній вплив, тоді як непрямі ефекти визначають роль посередників (медіаторів). Загальний ефект є сукупністю цих двох складових. Теоретичною основою для такого моделювання є статистична каузальність, що дозволяє оцінювати складні взаємозв'язки між змінними у великих наборах даних. Такий підхід до структурного моделювання з медіацією успішно застосовується в сучасних дослідженнях. Наприклад, у роботі [13] аналізується, як інвестиції в освіту впливають на науково-технологічні інновації через медіаційну роль людського капіталу. Використовуючи структурне моделювання, автори оцінюють як прямий вплив витрат на освіту на інновації, так і опосередкований вплив через розвиток людського капіталу. Дослідження демонструє, що цей підхід дозволяє ефективно розкрити складні взаємозв'язки між змінними, забезпечуючи глибоке розуміння механізмів впливу.

Аналіз побудованої структурної моделі медіації виявив, що вплив окремих ЦСР на зміну ВВП у ринкових цінах до 2010 року здебільшого негативний, що свідчить про економічні втрати, пов'язані з досягненням цих цілей. Наприклад, прямі ефекти для більшості показників ЦСР, включаючи ЦСР 8 (гідна праця та економічне зростання) із оцінкою -2.865×10^{6}, свідчать про короткострокове зниження ВВП. Це може бути наслідком витрат на впровадження політик сталого розвитку, таких як підвищення стандартів праці або екологічні ініціативи.

Однак, коли оцінюється взаємодія показників через латентні фактори (*FA_1* та *FA_2*), виникає ефект компенсації економічних втрат. Перший фактор (*FA_1*), пов'язаний із соціально-економічними ініціативами, демонструє позитивний внесок у ВВП (1.010×10^{6}), що свідчить про синергічний ефект політик, спрямованих на інвестиції в інфраструктуру, соціальний розвиток і підвищення рівня життя. Хоча другий фактор (*FA_2*), пов'язаний з екологічними аспектами, має негативний вплив, він є меншим за масштабом, ніж позитивний вплив *FA_1*. Це свідчить, що комбінований ефект показників ЦСР пом'якшує негативний вплив окремих цілей.

Загальні ефекти визначені в моделі (табл. 1) підтверджують, що взаємодія між ЦСР сприяє балансуванню економічних втрат.

Наприклад, хоча окремі ЦСР, такі як ЦСР 12 (відповідальне споживання та виробництво) та ЦСР 13 (кліматичні дії), мають прямий негативний вплив на ВВП, їх непрямі ефекти через синергію виявляються компенсаторними, зменшуючи сукупні втрати. Таким чином, оцінка ЦСР у їхній взаємодії демонструє, що інтегровані стратегії сталого розвитку можуть не лише мінімізувати економічні втрати, але й забезпечувати збалансоване економічне зростання у довгостроковій перспективі.

Розрахунки у табл. 2 представляють коефіцієнти шляху, які описують силу та напрямок взаємозв'язків між ЦСР, латентними факторами (*FA_1* та *FA_2*) і ВВП у ринкових цінах (GDPmpcs). Інтерпретація цих коефіцієнтів базується на їхніх значеннях, які

Таблиця 1

Загальні ефекти впливу індексів цілей сталого розвитку на залежну змінну

ЦСР	Загальні прямі ефекти	Загальні непрямі ефекти
ЦСР 1	-680808.130	5.106×10^{-6}
ЦСР 2	$-1.602\times10^{+6}$	5.659×10^{-6}
ЦСР 3	-656879.809	6.341×10^{-6}
ЦСР 4	-949058.764	5.535×10^{-6}
ЦСР 5	-490082.838	3.488×10^{-6}
ЦСР 6	$-1.012\times10^{+6}$	5.849×10^{-6}
ЦСР 7	-693925.270	5.160×10^{-6}
ЦСР 8	$-2.865\times10^{+6}$	7.640×10^{-6}
ЦСР 9	-275597.113	4.303×10^{-6}
ЦСР 10	-140632.692	2.352×10^{-6}
ЦСР 11	-439388.050	5.185×10^{-6}
ЦСР 12	-507182.218	-5.401×10^{-6}
ЦСР 13	-583691.724	-4.818×10^{-6}
ЦСР 14	-937195.263	5.788×10^{-8}
ЦСР 15	-470632.087	1.203×10^{-6}
ЦСР 16	-486750.610	5.338×10^{-6}
ЦСР 17	$-1.033\times10^{+6}$	6.118×10^{-7}

Джерело: розраховано авторами за даними [12]

відображають як прямий, так і опосередкований вплив.

Як було вже зазначено вище, коефіцієнти шляху показують, що більшість ЦСР мають негативний прямий вплив на ВВП. Наприклад: ЦСР 8 (гідна праця та економічне зростання) має найсильніший негативний прямий вплив із коефіцієнтом $–2.865×10^6$ (табл. 2), що вказує на значні короткострокові економічні витрати; ЦСР 10 (зменшення нерівності) має найменший негативний вплив, що вказує на помірний ефект. Ці шляхи демонструють безпосередній вплив політик, пов'язаних із ЦСР, на економічні показники.

Латентні фактори виступають медіаторами між ЦСР і ВВП:

– *FA_1*, що узагальнює соціально-економічні аспекти, має позитивний вплив на ВВП що свідчить, про те, що ініціативи соціально-економічного характеру можуть стимулювати економічний розвиток;
– *FA_2*, що відображає екологічні аспекти, має негативний вплив, вказуючи на економічні витрати, пов'язані з екологічними ініціативами.

Коефіцієнти шляху між ЦСР та *FA_1* і *FA_2* ілюструють, як кожна ЦСР впливає на латентні фактори:

– ЦСР 8 має найвищий позитивний вплив на *FA_1* ($1.096 × 10^{-11}$) (табл. 2), підкреслюючи її важливість для соціально-економічного розвитку;
– водночас екологічні ЦСР, такі як ЦСР 13 (кліматичні дії), мають сильний вплив на *FA_2* ($2.058 × 10^{-12}$) (табл. 2), демонструючи значення екологічної складової.

Коефіцієнти шляху показують, що соціально-економічні ЦСР переважно сприяють зростанню економіки через *FA_1*, тоді як екологічні ЦСР через *FA_2* накладають певні економічні витрати. Ці результати підкреслюють важливість комплексного підходу до впровадження політик сталого розвитку, який враховує баланс між короткостроковими економічними втратами і довгостроковими перевагами.

Дослідження показало, що більшість ЦСР мають неоднозначний вплив на економіку, деякі з них призводять до короткострокових економічних втрат, тоді як інші сприяють стимулюванню економічного зростання через синергію соціально-економічних ініціатив. Наприклад, ЦСР 8 (гідна праця та економічне зростання) демонструє значний негативний прямий вплив на ВВП ($–2.865×10^6$), що пов'язано із витратами на підвищення стандартів праці. У той же час інвестиції у ЦСР 4 (якісна освіта) через розвиток людського капіталу позитивно впливають на економічне зростання, підвищуючи рівень кваліфікації робочої сили.

Латентні фактори (*FA_1* і *FA_2*) відіграють ключову роль у розумінні механізмів впливу ЦСР. *FA_1*, що пов'язаний із соціально-економічними аспектами, виявився позитивним чинником для економіки ($+1.010 × 10^6$), тоді як *FA_2*, що включає екологічні ініціативи, має негативний ефект (–509,090.886). Це свідчить, що соціально-економічні ініціативи, такі як інвестиції в інфраструктуру та соціальну рівність, мають більший вплив на зростання ВВП, ніж короткострокові витрати, пов'язані з екологічними заходами.

Модель продемонструвала, що окремі ЦСР можуть створювати компроміси (наприклад, екологічні ініціативи можуть стримувати економічне зростання

Таблиця 2

Коефіцієнти шляху

Шляхи впливу	Коефіцієнт шляху	Шляхи	Коефіцієнт шляху	Шляхи	Коефіцієнт шляху
FA_1 → GDPmpcs	$1.010×10^{+6}$	ЦСР 1 → FA_1	$5.676×10^{-12}$	ЦСР 1 → FA_2	$1.229×10^{-12}$
FA_2 → GDPmpcs	-509090.886	ЦСР 2 → FA_1	$7.158×10^{-12}$	ЦСР 2 → FA_2	$3.084×10^{-12}$
ЦСР 1 → GDPmpcs	-680808.130	ЦСР 3 → FA_1	$6.965×10^{-12}$	ЦСР 3 → FA_2	$1.361×10^{-12}$
ЦСР 2 → GDPmpcs	$-1.602×10^{+6}$	ЦСР 4 → FA_1	$6.444×10^{-12}$	ЦСР 4 → FA_2	$1.911×10^{-12}$
ЦСР 3 → GDPmpcs	-656879.809	ЦСР 5 → FA_1	$4.235×10^{-12}$	ЦСР 5 → FA_2	$1.550×10^{-12}$
ЦСР 4 → GDPmpcs	-949058.764	ЦСР 6 → FA_1	$7.618×10^{-12}$	ЦСР 6 → FA_2	$3.622×10^{-12}$
ЦСР 5 → GDPmpcs	-490082.838	ЦСР 7 → FA_1	$6.211×10^{-12}$	ЦСР 7 → FA_2	$2.184×10^{-12}$
ЦСР 6 → GDPmpcs	$-1.012×10^{+6}$	ЦСР 8 → FA_1	$1.096×10^{-11}$	ЦСР 8 → FA_2	$6.743×10^{-12}$
ЦСР 7 → GDPmpcs	-693925.270	ЦСР 9 → FA_1	$4.404×10^{-12}$	ЦСР 9 → FA_2	$2.823×10^{-13}$
ЦСР 8 → GDPmpcs	$-2.865×10^{+6}$	ЦСР 10 → FA_1	$2.315×10^{-12}$	ЦСР 10 → FA_2	$-2.965×10^{-14}$
ЦСР 9 → GDPmpcs	-275597.113	ЦСР 11 → FA_1	$5.905×10^{-12}$	ЦСР 11 → FA_2	$1.529×10^{-12}$
ЦСР 10 → GDPmpcs	-140632.692	ЦСР 12 → FA_1	$-4.776×10^{-12}$	ЦСР 12 → FA_2	$1.134×10^{-12}$
ЦСР 11 → GDPmpcs	-439388.050	ЦСР 13 → FA_1	$-3.734×10^{-12}$	ЦСР 13 → FA_2	$2.058×10^{-12}$
ЦСР 12 → GDPmpcs	-507182.218	ЦСР 14 → FA_1	$1.471×10^{-12}$	ЦСР 14 → FA_2	$2.805×10^{-12}$
ЦСР 13 → GDPmpcs	-583691.724	ЦСР 15 → FA_1	$2.197×10^{-12}$	ЦСР 15 → FA_2	$1.995×10^{-12}$
ЦСР 14 → GDPmpcs	-937195.263	ЦСР 16 → FA_1	$5.873×10^{-12}$	ЦСР 16 → FA_2	$1.165×10^{-12}$
ЦСР 15 → GDPmpcs	-470632.087	ЦСР 17 → FA_1	$2.518×10^{-12}$	ЦСР 17 → FA_2	$3.793×10^{-12}$
ЦСР 16 → GDPmpcs	-486750.610	ЦСР 17 → GDPmpcs	$-1.033×10^{+6}$		

Джерело: розраховано авторами за даними [12]

через зростання витрат на їх реалізацію). Проте синергія між ЦСР дозволяє компенсувати ці втрати. Наприклад, ЦСР 12 (відповідальне споживання та виробництво) і ЦСР 13 (кліматичні дії) показують, що непрямі ефекти через синергію пом'якшують негативний прямий вплив на ВВП.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На основі отриманих результатів, можна стверджувати, що важливо розробляти стратегії, які максимально використовують синергію між соціально-економічними й екологічними цілями, знижуючи при цьому компроміси. Політики сталого розвитку мають сприяти інтеграції екологічних ініціатив із програмами економічного зростання, наприклад, через підтримку зеленої енергетики та інноваційних технологій, що одночасно сприяє економічному розвитку та знижує навантаження на довкілля.

Результати цього дослідження підкреслюють необхідність впровадження інтегрованого підходу до планування сталого розвитку, який враховує взаємозв'язки між ЦСР. Використання структурного моделювання з медіацією дозволяє ефективно аналізувати складні взаємодії між цими цілями та визначати оптимальні шляхи розвитку, що забезпечують довгострокове економічне зростання, соціальну рівність та екологічну стійкість.

Подальші дослідження мають зосередитися на регіональних особливостях впровадження ЦСР, враховуючи відмінності в ресурсах, політичних умовах та соціально-економічних контекстах. Також перспективним є використання динамічних моделей, які дозволять оцінити вплив ЦСР у довгостроковій перспективі та врахувати змінність економічних і соціальних умов. Загалом, проведене дослідження підкреслює важливість науково обґрунтованого підходу до впровадження ЦСР, який враховує складну природу їх взаємодії та дозволяє ефективно розподіляти ресурси для забезпечення сталого розвитку.

Література

1. Лютак О., Баула О., Небаба Н., Федоренко О., Грицай О. Моделювання впливу еколого-економічних факторів на зростання ВВП країн. Актуальні проблеми економіки. 2024. № 7 (277). С. 143–151. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-277-143-151.

2. Ковальчук С.Я. Екологічна складова економічного зростання. *Агросвіт*. 2019. № 7. С. 17–25. DOI: 10.32702/2306-6792.2019.7.17.

3. Rockström J., Sachs J., Öhman M., Schmidt-Traub G. Sustainable development and planetary boundaries. *Background paper for the High-Level Panel of Eminent Persons on the Post-2015 Development Agenda*. 46 p. URL: https://www.post2020hlp.org/wp-content/uploads/docs/Rockstroem-Sachs-Oehman-Schmidt-Traub_Sustainable-Development-and-Planetary-Boundaries.pdf (дата звернення: 01.03.2025).

4. Stiglitz J.E. Inequality and economic growth. *The Political Quarterly*. 2015. Vol. 86(S1). P. 134–155. https://doi.org/10.1111/1467-923x.12237.

5. Philippidis G., Shutes L., Robert M., Ronzon T., Tabeau A., Meijl, H. Snakes and ladders: world development pathways' synergies and trade-offs through the lens of the sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 267. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122147

6. Pradhan P., Costa L., Rybski D., Lucht W., Kropp J. A systematic study of sustainable development goal (sdg) interactions. *Earth's Future.* 2017. Vol. 5(11). P. 1169–1179. https://doi.org/10.1002/2017ef000632

7. Warchold A., Pradhan P., Kropp J. Variations in sustainable development goal interactions: population, regional, and income disaggregation. *Sustainable Development*. 2020. Vol. 29(2). P. 285–299. https://doi.org/10.1002/sd.2145.

8. Breuer A., Janetschek H., Malerba D. Translating sustainable development goal (sdg) interdependencies into policy advice. *Sustainability.* 2019. Vol. 11(7). https://doi.org/10.3390/su11072092.

9. Scharlemann J., Brock R., Balfour N., Brown C., Burgess N., Guth M., Kapos V. Towards understanding interactions between sustainable development goals: the role of environment–human linkages. *Sustainability Science*, 2020. Vol. 15(6). P. 1573–1584. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00799-6.

10. Almeida C., Bergqvist E., Thacker S., Nerini F. Actions to align energy projects with sustainable development goals. *Discover Sustainability*. 2021. Vol. 2(1). https://doi.org/10.1007/s43621-021-00020-3.

11. Mainali B., Luukkanen J., Silveira S., Kaivo-oja J. Evaluating synergies and trade-offs among sustainable development goals (sdgs): explorative analyses of development paths in south asia and sub-saharan africa. *Sustainability*, 2018. Vol. 10(3). https://doi.org/10.3390/su10030815.

12. Sachs J., Lafortune G., Fuller G. The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. (2024). 512 p. DOI: 10.25546/108572.

13. Yang Y., Xinxin W., Ruoxi L., Tingting Y. The mediating role of human capital in the relationship between education expenditure and science and technology innovation: evidence from China. *SocioEconomic Challenges.* 2023. Vol. 7(1). P. 129–138. https://doi.org/10.21272/sec.7(1).129–138.2023.

References

1. Liutak O., Baula O., Nebaba N., Fedorenko O., Hrytsai O. (2024). Modeliuvannia vplyvu ekoloho-ekonomichnykh faktoriv na zrostannia VVP krain [Simulation of the Influence of Environmental and Economic Factors on Country GDP Growth]. *Aktualni problemy ekonomiky — Actual Problems of Economics*, vol. 7(277), pp. 143–151. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-277-143-151 [in Ukrainian].

2. Kovalchuk S. (2019). Ekolohichna skladova ekonomichnoho zrostannia [Ecological Constituent of the Economy Growing]. *Ahrosvit — Agrosvit*, vol. 7, pp. 17–25. DOI: 10.32702/2306-6792.2019.7.17 [in Ukrainian].

3. Rockström, J., Sachs, J., Öhman, M., & Schmidt-Traub, G. (2013). Sustainable development and planetary boundaries. *Background paper for the High-Level Panel of Eminent Persons on the Post-2015 Development Agenda*. 46 p. Available at: https://www.post2020hlp.org/wp-content/uploads/docs/Rockstroem-Sachs-Oehman-Schmidt-Traub_Sustainable-Development-and-Planetary-Boundaries.pdf.

4. Stiglitz, J. E. (2015). Inequality and economic growth. *The Political Quarterly*, vol. 86(S1), pp. 134–155. https://doi.org/10.1111/1467-923x.12237.

5. Philippidis, G., Shutes, L., Robert, M., Ronzon, T., Tabeau, A., & Meijl, H. (2020). Snakes and ladders: world development pathways' synergies and trade-offs through the lens of the sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, vol. 267. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122147.

6. Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., & Kropp, J. (2017). A systematic study of sustainable development goal (sdg) interactions. *Earth's Future*, vol. 5(11), pp. 1169–1179. DOI: https://doi.org/10.1002/2017ef000632.

7. Warchold, A., Pradhan, P., & Kropp, J. (2020). Variations in sustainable development goal interactions: population, regional, and income disaggregation. *Sustainable Development*, vol. 29(2), pp, 285–299. https://doi.org/10.1002/sd.2145.

8. Breuer, A., Janetschek, H., & Malerba, D. (2019). Translating sustainable development goal (sdg) interdependencies into policy advice. *Sustainability*, vol. 11(7). https://doi.org/10.3390/su11072092.

9. Scharlemann, J., Brock, R., Balfour, N., Brown, C., Burgess, N., Guth, M., & Kapos, V. (2020). Towards understanding interactions between sustainable development goals: the role of environment–human linkages. *Sustainability Science*, vol. 15(6), pp. 1573–1584. https://doi.org/10.1007/s11625-020-00799-6.

10. Almeida, C., Bergqvist, E., Thacker, S., & Nerini, F. (2021). Actions to align energy projects with sustainable development goals. *Discover Sustainability*, vol. 2(1). https://doi.org/10.1007/s43621-021-00020-3.

11. Mainali, B., Luukkanen, J., Silveira, S., & Kaivo-oja, J. (2018). Evaluating synergies and trade-offs among sustainable development goals (sdgs): explorative analyses of development paths in south asia and sub-saharan africa. *Sustainability*, vol. 10(3). https://doi.org/10.3390/su10030815.

12. Sachs, J.D., Lafortune, G., Fuller, G. (2024). The SDGs and the UN Summit of the Future. Sustainable Development Report 2024. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press. 512 p. DOI: 10.25546/108572.

13. Yang, Y., Xinxin, W., Ruoxi, L., & Tingting, Y. (2023). The mediating role of human capital in the relationship between education expenditure and science and technology innovation: evidence from China. *SocioEconomic Challenges*, vol. 7(1), pp. 129–138. https://doi.org/10.21272/sec.7(1).129–138.2023.