
ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ

УДК 303.442

КОРЕЛЯЦІЯ МІЖ ЕКОЛОГІЧНИМИ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Хворов М.М., Дуднікова І.І.

Європейський університет

бульвар акад. Вернадського, 16в, 03115, м. Київ

m_khvorov@ukr.net

Розглянуто застосування кореляційно-регресивного методу до аналізу статистичних зв'язків між екологічними та соціально-економічними показниками сталого (збалансованого) розвитку. Знайдено та проаналізовано кореляційну залежність між екологічним слідом та індексом людського розвитку для країн світу. *Ключові слова:* кореляційно-регресивний аналіз, кількісні показники сталого розвитку.

Корреляция между экологическими и социально-экономическими показателями устойчивого развития. Хворов М.М., Дудникова И.И. Рассмотрено применение корреляционно-регрессивного метода к анализу статистических связей между экологическими и социально-экономическими показателями устойчивого (сбалансированного) развития. Найдена и проанализирована корреляционная зависимость между экологическим следом и индексом человеческого развития для стран мира. *Ключевые слова:* корреляционно-регрессивный анализ, количественные показатели устойчивого развития.

Correlation between ecological and socio-economic indicators of sustainable development. Khvorov M.M., Dudnikova I.I. The application of the correlation-regressive method to the analysis of statistical relationships between ecological and socio-economic indicators of sustainable (balanced) development is considered. The correlation dependence between the ecological footprint and the index of human development for the countries of the world was found and analyzed. *Key words:* correlation-regressive analysis, quantitative indicators of sustainable development.

Постановка проблеми. Реалізація концепцій сталого (збалансованого) розвитку [1] та зеленої економіки [2] неможлива без розроблення науково обґрунтованої, ефективної та дієздатної системи кількісних показників стійкого споживання й виробництва та їх детального глибокого аналізу із застосуванням апарату кореляційно-регресивного методу. Такий підхід є підґрунтям для вибору відповідних оптимальних еколого-економічних критеріїв рівнів добутку та використання природних ресурсів і необхідний для практичного втілення принципів сталого розвитку та зеленої економіки. Відповідні показники та їх кількісна оцінка мають характеризувати економічні, екологічні, соціальні складові частини сталого розвитку окремих країн і світової спільноти в цілому й можуть бути використані як для аналізу сучасного стану довкілля та світової економіки, так і для ефективного планування й прогнозування подальшого розвитку.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Застосування кореляційно-регресивного методу під час вирішення задач екології вкрай

необхідне у зв'язку з принципово статистичним і багатозначним характером більшості параметрів і характеристик як природного, так і антропогенного походження і дозволяє вирішити такі завдання: визначити характер і знайти кількісну оцінку між досліджуваними явищами; чисельно виміряти вплив окремих факторів і їх сукупності на рівень досліджуваного процесу та явища. Метою кореляційно-регресивних розрахунків є побудова й аналіз математичної моделі багатфакторної задачі стосовно знаходження зв'язків між вибраними характеристиками й статистичне дослідження форми й рівня кореляційної залежності.

Виклад основного матеріалу. Винятково важливе значення в кореляційному аналізі має обґрунтування й установлення конкретної аналітично визначеної форми зв'язку між ознаками явища, яке досліджується, що дозволяє побудувати найбільш адекватну модель, на основі якої були отримані статистично достовірні параметри зв'язку.

Об'єктами кореляційно-регресивного аналізу є показники збалансованого виробництва й спожив-

вання, які мають відповідати комплексу таких вимог: забезпечення глибини розуміння; співвіднесення з політикою; висока якість (теоретичне обґрунтування та достовірність); дійсність, тобто можливість обходитися без проміжних показників; можливість порівняння між сферами, країнами та групами населення [3].

У табл. 1 представлені три групи кількісних показників стійкого виробництва й споживання.

Серед комбінованих показників (табл. 1) широке розповсюдження має характеристика «екологічний слід» (ecological footprints), який виявився одним із найбільш успішних показників для оприлюднення концепції екологічної стійкості й фізичних меж нашої планети. Екологічний слід вимірює, скільки біологічно продуктивної землі (га) потрібно для створення ресурсів, спожитих населенням, і поглинання відходів, створених населенням за певний період часу (у більшості випадків – за рік). Цей показник ураховує наявні технології, умови управління ресурсами, площу як земної, так і водної поверхні. Щоб розрахувати екологічний слід, споживання людиною ділиться на різні категорії (продовольство, проживання, транспорт і т. д.), а потім перетворюється на землекористування [4; 5].

Екологічний слід країн світу розраховують згідно з методикою, яку розробляє й постійно доповнює та вдосконалює міжнародна організація Global Footprint Network [5]. Загальна формула для розрахунку екологічного сліду така: $S_i = C_i / Y_i \cdot f \cdot E_p$, де S_i – екологічний слід кожного елемента, C_i – річне споживання елемента, Y – продуктивність землі, f – фактор урожайності (Yield Factor), E – еквівалентний фактор (Equivalence Factor) (для орних земель –

2,415, непродуктивні орні землі – 1,79, ліс – 1,365, пасовища – 0,525, внутрішні й морські водоймища – 0,360, забудовані землі – 2,210, рибальські території – 0,400). Загальний екологічний слід визначається як сума зазначених складників.

Екологічний слід – це сумарна інтегральна характеристика загальної людської потреби в необхідних земельних площах:

– рослинний слід (C_r) – площа, необхідна для виробництва всієї рослинницької продукції;

– тваринницький слід (C_t) – площа, необхідна для випасу й утримання сільськогосподарських тварин;

– лісовий слід (F) – площа, необхідна для виробництва й споживання деревини;

– рибний слід (F_{gr}) – площа, необхідна для виробництва й споживання морської риби та морепродуктів;

– енергетичний слід (E) – площа, необхідна для виробництва енергії, включаючи забезпечення всіма видами енергоресурсів і утилізацію відходів виробництва енергії, зокрема відпрацьованого ядерного палива;

– будівельний слід (I_n) – площа території, необхідної для розміщення інфраструктури під об'єкти житла, транспорту, виробничі потужності.

Для кожного із цих елементів розрахунок здійснюють за єдиним принципом: обсяги внутрішнього споживання переводять в еквівалентну площу із середньосвітовою продуктивністю, яка ділиться на кількість населення країни з подальшим загальним сумуванням. Розрахована таким чином величина екологічного сліду характеризує рівні загального внутрішнього споживання ресурсів кожної країни (далі – ДС), а саме:

Таблиця 1

Показники, що вимірюють екологічні аспекти виробництва й споживання, і показники, що вимірюють соціальну стійкість

Поодинокі показники	Комбіновані підходи	Набори показників
Матеріали. 1. Загальна потреба в матеріалах. 2. Загальне споживання матеріалів. 3. Матеріальні витрати на одиницю продукції. 4. Споживання матеріалів з урахуванням екологічного фактора використання людиною первинної продукції. 5. Вуглецевий слід. 6. Водний слід.	1. Екологічний слід. 2. Індекс «Щаслива планета». 3. Екологічний простір. 4. Індекс стійкості процесів. 5. Стандарти на основі конвенції міжнародної організації праці МОП. 6. Біологічний потенціал (biocapacity).	1. Індикатори стійкості. 2. Індекс людського розвитку. 3. Індикатори екологічної результативності. 4. Індекс дійсного прогресу.

Таблиця 2

Характеристики екологічного сліду України

№	Складова частина екологічного сліду	Величина (га)
1	Рослинний слід (C_r)	1,65
2	Тваринницький слід (C_t)	0,08
3	Лісовий слід (F)	0,35
4	Рибний слід (F_{gr})	0,13
5	Енергетичний слід (E)	1,15
6	Будівельний слід (I_n)	0,15

$$ДС = ДР + S_y + I_m - E_x - S_z,$$

де ДР – внутрішнє виробництво в країні,
 S_y – запаси на початок року, I_m – імпорт, E_x – експорт, S_z – запаси на кінець року.

Екологічний слід визначають в умовних (глобальних) гектарах (гга), які відображають біологічно продуктивний простір середньої врожайності, що дозволяє зіставити землі різної продуктивності. Так, наприклад, 1 га пшеничних полів зіставляється з 2,1 гга, 1 га пасовищ – 0,5 гга, 1 га лісів – 1,4 гга, 1 га рибних територій – 0,4 гга, 1 га забудованого простору – 2,2 гга.

У таблиці 2 представлені розрахунки величини екологічного сліду України в цілому та його складових частин (у глобальних гектарах), проведені за викладеними методиками й офіційними статистичними даними [6; 7].

Розрахована величина екологічного сліду в Україні становить 3,51 гга на особу. Слід зазначити, що літературні відомості стосовно цієї величини мають значні коливання в діапазоні 2,7–3,7 гга залежно від використаних методик розрахунку та різних статистичних даних [5; 8].

Індекс людського розвитку України згідно з останнім звітом United Nations Development Program (UNDP) становить 0,751 (88 місце у світі) [9].

Екологічний стан країни можна комплексно оцінити, якщо доповнити відомості стосовно негативного екологічного сліду інформацією стосовно біологічного потенціалу, який позитивно характеризує можливості біосфери країни продукувати відновлювані ресурси. Біологічний потенціал (далі – БП) також вимірюється в глобальних гектарах згідно з таким визначенням:

$$БП = S_0 \times F \times Ef,$$

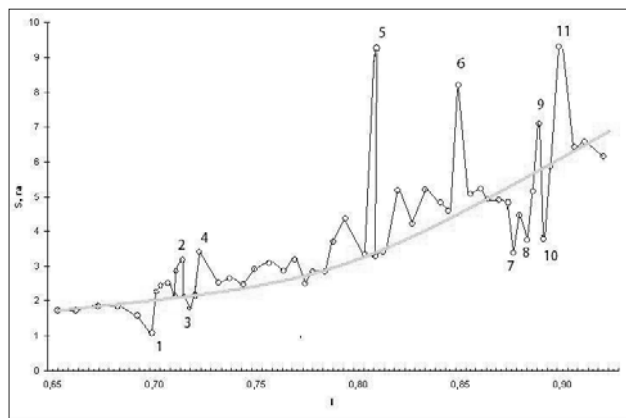


Рис. 1. Кореляційна залежність між величинами екологічного сліду й індексу людського розвитку для низки країн світу

де S_0 – площа території, на якій розраховують БП;

F – фактор урожайності (Yield Factor);

Ef – фактор еквівалентності (Equivalence Factor).

Показовою є кореляційна залежність між величинами «екологічного сліду» й індексу людського розвитку (I) (рис. 1), який щорічно розраховується експертами ООН для країн світу як офіційний інтегральний показник рівня та тривалості життя й освіченості населення. Розрахунок величини I (у безрозмірних одиницях від 0 до 1) базується на трьох показниках: очікувана тривалість життя (оцінка довголіття людини), рівень освіченості населення країни (середня кількість років, витрачених на здобуття освіти, і тривалість освіти) і загальний рівень життя, який оцінюється через валовий національний дохід на душу населення за паритетом купівельної спроможності.

На графіку представлений експоненціальний тренд кореляційної залежності екологічного сліду (S) та індексу людського розвитку (I).

Таблиця 3

Показники індексу людського розвитку, екологічного сліду та біопотенціалу для країн-«боржників»

Країна	Точка графіка	I	S (гга)	БП (гга)	Екологічна різниця
ОАЕ	5	0,815	9,68	1,1	-8,58
Данія	6	0,866	8,26	5,7	-2,56
США	11	0,902	9,51	5,0	-4,51
Канада	9	0,888	7,03	20,0	+13,0
Росія	4	0,710	3,70	8,1	+4,4
Білорусь	2	0,732	3,8	3,9	-0,4

Таблиця 4

Показники індексу людського розвитку, екологічного сліду та біопотенціалу для країн-«донорів»

Країна	Точка графіка	I	S (гга)	БП (гга)	Екологічна різниця (гга)
Фінляндія	7	0,877	3,6	11,7	+8,1
Німеччина	8	0,885	4,0	1,9	-2,1
Нідерланди	10	0,890	4,0	5,3	+1,3

Характеристики залежності розраховані для двох варіантів:

- лінійна регресія $S = 0,314 I + 0,947$;
- експоненціальна регресія $S = 1,127 e^{0,096 I}$.

Коефіцієнт кореляції – $K=0,657$, рівень значимості – 5,38, що відповідає критерію Стьюдента, а експоненціальний тренд більш адекватно описує статистичну залежність $S(I)$. Розташування точок графіка щодо лінії регресії наглядно демонструє місце країни в системі «рівень розвитку (тобто обсяги споживання ресурсів) і антропогенний тиск на довкілля (екологічний слід)».

Діапазон розрахованих показників екологічного сліду досить великий для різних країн світу (від більше ніж 9,5 гга для США, ОАЕ й Кувейту до менш ніж одного гектара для вкрай бідних Афганістану, Конго, Бангладеш) (таблиці 3, 4).

Зіставлення показників екологічного сліду та біопотенціалу дозволяє об'єктивно охарактеризувати віднесення країни до екологічних «боржників» (екологічний слід $S > \text{БП}$), екологічних «донорів» (екологічний слід $S < \text{БП}$).

Разом із тим можна відмітити приклади країн-«донорів», які мають досить великі показники роз-

витку людського потенціалу при відносно невеликих значеннях екологічного сліду (таблиця 4).

За вказаними показниками Україна займає проміжне положення серед країн світу стосовно понять «екологічні «боржники»/«донори». Біологічний потенціал України становить 2,4 гга [8], тому екологічна різниця дорівнює $2,4 - 3,51 = -1,11$ (гга).

Головні висновки. Запропоновані підходи для кількісних кореляційних оцінок впливу антропогенної діяльності на стан довкілля на основі понять «біологічний потенціал території» і «екологічний слід» інколи дають суперечливі результати, що пов'язано з дуже великою різницею величин біологічного потенціалу для різних країн світу. Як свідчать відомості табл. 3, такі країни, як Канада й Росія, маючи досить значні величини екологічного сліду, характеризуються позитивною екологічною різницею завдяки великим показникам біологічного потенціалу.

У цілому кореляційна статистична залежність свідчить, що зростання індексу людського розвитку супроводжується все більшими величинами «екологічного сліду» й рівня негативного антропогенного тиску на довкілля.

Література

1. URL: WWW.sd4ua.org/shho-take-stlij-rozvitok/.
2. Working towards a Balanced and Inclusive Green Economy: A United Nations System-wide Perspective (Prepared by the Environment Management Group). Geneva: United Nations, 2011. 204 p.
3. Шкарупа Е. Основные этапы и проблемы становления системы социально-экономических индикаторов устойчивого развития. *Механізм регулювання економіки*. 2004, № 2, С. 26–31.
4. Кубатко А. Научный подход к определению экологического следа как индикатора устойчивого развития на уровне региональных экономик. *Механізм регулювання економіки*, 2009. № 1. С. 194–202.
5. URL: <https://www.footprintnetwork.org/>.
6. Рослинництво України. Статистичний збірник. 2016 рік.
7. Енергетична стратегія України: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/250250456>.
8. Ружевилюс Ю. Экологический след как новый количественный индикатор устойчивого развития. *Менеджмент качества*. 2010. № 10. С. 34–43.
9. Human Development Indices and Indicators. Statistical Update. 2018. United Nations Development Program (UNDP).