

УДК 339.92:330.341.1(4)

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.217.379-388>

Белінський А.А.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Belinskyi Andriy

V.N. Karazin Kharkiv National University

<https://orcid.org/0009-0006-8576-8431>

ІНТЕГРАЛЬНИЙ ІНДЕКС МІЖНАРОДНОГО ТРАНСФЕРУ ТЕХНОЛОГІЙ: МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ТА АПРОБАЦІЯ НА ПРИКЛАДІ КРАЇН ЄС

У статті розроблено методичний підхід до інтегрального оцінювання міжнародного трансферу технологій у країнах ЄС. Емпіричну базу сформовано за 14 країнами за 2017–2022 рр. із використанням шести показників цифрового та інноваційно-технологічного розвитку. Кореляційний аналіз дав змогу розмежувати показники внутрішнього технологічного потенціалу та зовнішньої технологічної взаємодії. До інтегрального індексу міжнародного трансферу технологій (ТТІ) включено частку високотехнологічної продукції в експорті та логарифм прямих іноземних інвестицій (ПІІ) на одну особу. Їх агрегування обґрунтовано методом головних компонент, в результаті якого ваги визначено на рівні 0,5 для кожної складової. Апробація ТТІ засвідчила значну міжкраїнову диференціацію та відсутність стійкого загального висхідного тренду у вибірці. Індекс може застосовуватися для міжкраїнового порівняння інтенсивності торговельно-інвестиційного виміру міжнародного трансферу технологій.

Ключові слова: міжнародний трансфер технологій, інтегральне оцінювання, інтегральний індекс, країни ЄС, високотехнологічний експорт, прямі іноземні інвестиції, метод головних компонент.

COMPOSITE INDEX OF INTERNATIONAL TECHNOLOGY TRANSFER: METHODOLOGICAL APPROACH AND TESTING USING EU COUNTRIES AS AN EXAMPLE

The article develops and empirically tests a methodological approach to the integral assessment of international technology transfer in European Union countries. The study is based on a balanced panel of 14 EU countries for 2017–2022 and combines indicators of digital development, research and development expenditure, patent activity, high-technology exports, foreign direct investment and ICT employment. The methodological logic is based on separating indicators that characterize the internal technological potential of an economy from indicators that reflect its external technological interaction. Pearson correlation analysis shows that DESI, R&D expenditure per capita, patent applications per million inhabitants and the share of ICT specialists form a relatively coherent group of internal-capacity indicators, while high-technology exports and FDI per capita constitute a distinct external block. To reduce the influence of cross-country scale differences, R&D, patent activity and FDI are expressed in relative terms; FDI per capita is additionally transformed using the natural logarithm because of its right-skewed distribution. The suitability of the two external indicators for aggregation is tested using Bartlett's test of sphericity and principal component analysis. The first principal component explains 86.95% of their joint variance. Equal normalized loadings provide the basis for assigning weights of 0.5 to each component. The proposed Technology Transfer Index is calculated as a weighted sum of the min-max normalized share of high-technology products in exports and the normalized logarithm of inward FDI per capita. The index is highly correlated with the first principal component, which confirms that the simplified aggregation preserves the structure identified by PCA. Empirical application reveals substantial cross-country differentiation. Ireland records the highest average index value, followed by the Netherlands, while the sample average changes only moderately over the six-year period and does not demonstrate a stable upward trend. The proposed index should be interpreted as a comparative measure of the trade and investment dimension of international technology transfer rather than as a universal indicator of technological development. Its practical value lies in providing a reproducible cross-country metric that can be used for comparative analysis and as an outcome variable in further studies of the factors associated with international technological exchange.

Keywords: international technology transfer, integral assessment, Technology Transfer Index, European Union, high-technology exports, foreign direct investment, principal component analysis.

JEL Classification: C43, F21, F23, O33.

ISSN друкованої версії: 2224-6282

ISSN електронної версії: 2224-6290

© Белінський А.А., 2026

Постановка проблеми. Міжнародний трансфер технологій не зводиться до окремого способу передачі технологічного рішення між країнами. У сучасній міжнародній економіці він реалізується через систему взаємопов'язаних каналів, серед яких прямі іноземні інвестиції, ліцензування, спільні підприємства, дослідницьке співробітництво, участь компаній у міжнародних виробничих зв'язках та інші форми транскордонної взаємодії [1]. Паралельно з матеріальними потоками товарів і капіталу дедалі більшого значення набувають міжнародні мережі створення та поширення знань, у межах яких передаються нематеріальні активи, технологічні компетенції та результати інноваційної діяльності [2]. Така багатоканальність ускладнює кількісне вимірювання міжнародного трансферу технологій, оскільки жоден окремий статистичний показник не відображає його в повному обсязі.

Особливо актуальною проблема вимірювання є для країн Європейського Союзу, які функціонують у межах єдиного економічного простору, але істотно відрізняються за рівнем технологічного, інноваційного та цифрового розвитку. Дослідження Р. Ціборовського та І. Скордзької показує, що використання технологій, отриманих з-за кордону, залежить від здатності національної економіки засвоювати й адаптувати отримані знання, а міжнародний трансфер технологій доповнює внутрішні інноваційні спроможності, сформовані завдяки дослідженням і розробкам, але не є їх тотожним відображенням [3]. Отже, високий рівень власного науково-технологічного потенціалу країни не можна автоматично прирівнювати до високої інтенсивності її міжнародної технологічної взаємодії.

Необхідність такого розмежування підтверджується й результатами попередніх емпіричних досліджень міжнародних технологічних спіловерів. Д. Шиммельпфенніг та К. Тіртл встановили, що неврахування міжнародного поширення знань і технологій призводить до зміщення оцінок ефективності внутрішніх витрат на дослідження та розробки [4]. Таким чином, показники, що характеризують здатність економіки створювати технології, та показники, які відображають їх міжнародне поширення або залучення з-за кордону, доцільно розглядати як пов'язані, але різні складові технологічного розвитку.

Окремим виміром цієї проблеми є цифровізація. Європейська комісія використовувала індекс цифрової економіки та суспільства (DESI) для комплексного моніторингу цифрової конкурентоспроможності країн ЄС за такими складовими, як людський капітал, цифрова інфраструктура, інтеграція цифрових технологій та цифрові державні послуги [5]. Проте показник цифрового розвитку характеризує передусім умови, за яких створюються, поширюються та засвоюються технології, а не сам міжнародний технологічний обмін. Тому його безпосереднє включення до показника міжнародного трансферу технологій без встановлення характеру взаємозв'язку з показниками зовнішньої технологічної взаємодії може призвести до змішування передумов і результатів досліджуваного процесу.

У зв'язку з цим використання інтегрального

підходу потребує окремого методичного обґрунтування. Відповідно до рекомендацій OECD та Joint Research Centre Європейської комісії, побудова композитного індикатора має передбачати формування теоретичної основи, обґрунтований відбір змінних, аналіз структури взаємозв'язків між ними, нормування, визначення ваг та вибір способу агрегування [6]. Просте об'єднання доступних показників в один індекс не гарантує коректності отриманого результату, якщо включені змінні характеризують різні економічні явища або дублюють одна одну.

Звідси постає методична проблема формування такого інтегрального показника міжнародного трансферу технологій, який, з одного боку, дозволяв би здійснювати міжкрайові порівняння, а з іншого – не підміняв би фактичну участь країни у міжнародному технологічному обміні загальним рівнем її інноваційного чи цифрового розвитку. Її розв'язання потребує попереднього розмежування показників внутрішнього технологічного потенціалу та зовнішніх каналів трансферу, приведення статистичних показників до порівнюваного вигляду, перевірки характеру зв'язків між ними та статистичного обґрунтування складу й ваг компонентів майбутнього інтегрального індексу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематика міжнародного трансферу технологій досліджується через аналіз окремих каналів передачі технологій, взаємозв'язку трансферу з інноваційною діяльністю, ефективності технологічної дифузії та технологічного потенціалу країн. Відмінність предмета оцінювання зумовлює використання різного методичного інструментарію — від регресійного аналізу й моделей латентних змінних до DEA та побудови композитних індикаторів.

Одним із ключових каналів міжнародного технологічного трансферу є прямі іноземні інвестиції. Е. Боренштейн, Х. Де Грегоріо та Дж.-В. Лі розглядають ПІІ як механізм передачі технологій між країнами, наголошуючи при цьому на ролі людського капіталу й абсорбційної спроможності приймаючої економіки [7]. Це дає підстави розмежовувати зовнішній канал надходження технологій і внутрішні умови їх засвоєння. Аналогічну логіку простежують Р. Ціборовський та І. Скордзька, які підкреслюють, що міжнародний трансфер технологій доповнює внутрішню інноваційну діяльність, але не є її безпосереднім еквівалентом [3].

Міжнародна торгівля також виступає каналом технологічної дифузії. Дж. Ван, К. Бейліс та П. Малдер на матеріалах країн ЄС виявили торговельно зумовлені технологічні спіловери та взаємозв'язок між інтенсивністю торговельних зв'язків і поширенням технологічних ефектів [8]. У цьому контексті високотехнологічний експорт може використовуватися як непрямий індикатор зовнішньої реалізації технологічного потенціалу країни, хоча сам по собі він не охоплює інвестиційні та нематеріальні форми міжнародного трансферу.

Інший підхід полягає у трактуванні міжнародного трансферу технологій як безпосередньо неспостережуваного явища. Р. Ціборовський та І. Скордзька

застосували метод м'якого моделювання і часткових найменших квадратів для формування латентної змінної міжнародного технологічного трансферу на основі сукупності спостережуваних індикаторів [9]. Такий підхід підтверджує доцільність переходу від окремих показників до синтетичного виміру, однак отримана оцінка залежить від специфікації моделі та використовується переважно для дослідження взаємозв'язку технологічного трансферу й інноваційних змін.

Окремий напрям досліджень пов'язаний з оцінюванням ефективності створення та поширення інновацій. Х. Андерсон та Я. Стейскал за допомогою Data Envelopment Analysis показали, що високі загальні показники інноваційності не обов'язково супроводжуються аналогічною ефективністю дифузії інновацій [10]. С. К. Штефан та співавтори використали двоетапну DEA-модель для розмежування ефективності системи досліджень, розробок та інновацій і ефективності трансферу отриманих результатів до економічного сектору [11]. Водночас DEA оцінює передусім співвідношення ресурсів і результатів, а не формує безпосередній порівнюваний показник інтенсивності міжнародного технологічного трансферу.

Проблема вибору індикаторів простежується і в дослідженнях технологічних можливостей країн. Дж. Графстрьом та К. Альм для аналізу технологічної конвергенції країн ЄС використали показники наукових публікацій, патентування, високотехнологічного експорту, витрат і державного фінансування R&D та людських ресурсів у сфері науки і технологій [12]. Такий підхід дозволяє комплексно оцінювати технологічний рівень економіки, проте поєднує в одному аналітичному полі ресурси, результати інноваційної діяльності та зовнішні прояви технологічної взаємодії.

Для цілей міжкраїнового порівняння альтернативою є побудова композитного індикатора. Методичні рекомендації OECD та Joint Research Centre передбачають попереднє теоретичне обґрунтування складу показників, аналіз взаємозв'язків між ними, нормування, визначення ваг та агрегування, а метод головних компонент може використовуватися для дослідження структури початкових змінних [6].

Таким чином, у наявних дослідженнях міжнародний технологічний трансфер переважно оцінюється через окремі канали, як складова інноваційного процесу, як латентна конструкція або через ефективність перетворення ресурсів у результати. Водночас у розглянутих підходах не поєднано в одному методичному рішенні статистичне розмежування показників внутрішнього технологічного потенціалу та зовнішньої технологічної взаємодії з побудовою простого відтворюваного інтегрального показника, придатного для прямого міжкраїнового порівняння. Саме це визначає необхідність обґрунтування складу інтегрального індексу міжнародного трансферу технологій та способу агрегування його компонентів.

Метою статті є розроблення та емпірична апробація методичного підходу до інтегрального оцінювання міжнародного трансферу технологій у країнах ЄС на основі кількісного розмежування показників

внутрішнього технологічного потенціалу та зовнішньої технологічної взаємодії, статистичного обґрунтування складу інтегрального індексу й визначення ваг його компонентів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в дослідженні застосовано комплекс загальнонаукових і статистичних методів аналізу.

— Метод систематизації та узагальнення використано для формування сукупності показників цифрового, інноваційного та технологічного розвитку країн ЄС та їх групування за економічним змістом.

— Кореляційний аналіз за коефіцієнтом Пірсона застосовано для визначення характеру взаємозв'язків між початковими показниками та розмежування характеристик внутрішнього технологічного потенціалу і зовнішньої технологічної взаємодії.

— Логарифмічне перетворення використано для зменшення асиметрії розподілу показника прямих іноземних інвестицій та зниження впливу екстремальних значень на подальші розрахунки.

— Метод стандартизації застосовано для приведення показників до порівнюваного вигляду перед проведенням компонентного аналізу.

— Метод головних компонент (PCA) використано для перевірки можливості представлення відібраних показників спільним статистичним компонентом та обґрунтування їх подальшого агрегування.

— Критерій сферичності Бартлетта застосовано для перевірки статистичної придатності кореляційної структури відібраних показників до використання PCA.

— Метод мінімаксного нормування використано для приведення складових інтегрального індексу до єдиної шкали та забезпечення їх порівнюваності.

— Індексний метод застосовано для побудови інтегрального індексу міжнародного трансферу технологій шляхом агрегування нормованих показників торговельного та інвестиційного каналів із визначеними ваговими коефіцієнтами.

— Порівняльно-аналітичний метод застосовано для зіставлення значень інтегрального індексу між країнами ЄС та аналізу його динаміки у досліджуваному періоді.

— Табличний метод використано для систематизації та представлення результатів емпіричних розрахунків.

Виклад основних результатів дослідження. Емпіричну базу дослідження сформовано як збалансовану панель із 84 спостережень за 14 країнами ЄС у 2017–2022 рр.; часові та просторові межі вибірки визначено доступністю повних зіставних рядів за використаними показниками. Румунію, яка розглядалася на початковому етапі формування вибірки, не було включено до кінцевої панелі через відсутність повного зіставного ряду даних щодо прямих іноземних інвестицій.

Побудова інтегрального показника міжнародного трансферу технологій потребує насамперед визначення того, які з доступних статистичних індикаторів характеризують безпосередньо міжнародний технологічний обмін, а які відображають умови його

формування. Для початкового аналізу було використано шість показників: індекс цифрової економіки та суспільства (DESI), витрати на дослідження і розробки (R&D), кількість патентних заявок до Європейського патентного відомства (PAT), частку високотехнологічної продукції в експорті (HTEXP), обсяг вхідних прямих іноземних інвестицій (FDI) та частку ІКТ-фахівців у загальній зайнятості (ICT). Вихідні дані сформовано на основі статистики Європейської комісії, Eurostat та OECD [5; 13–18].

За економічним змістом зазначені індикатори не є однорідними. DESI характеризує загальний рівень цифрового розвитку економіки, R&D – ресурсне забезпечення дослідницької діяльності, PAT – результативність винахідницької активності, а ICT – кадрову спроможність цифрового сектору. Отже, ці показники насамперед відображають внутрішній потенціал країни до створення, адаптації та використання технологій. Натомість HTEXP характеризує реалізацію технологічно місткої продукції на зовнішніх ринках, а FDI – інвестиційний канал міжнародного переміщення технологій та пов'язаних із ними знань і управлінських практик. HTEXP визначено за даними Eurostat щодо частки високотехнологічної продукції у загальному експорті за класифікацією SITC Rev. 4, а інвестиційний показник представлено накопиченими вхідними позиціями

ПІІ за методологією OECD BMD4 [13; 18]. Така інтерпретація відповідає результатам попередніх досліджень, у яких зовнішній технологічний трансфер розглядається як процес, пов'язаний із внутрішніми інноваційними можливостями країни, але не тотожний їм [3; 7]. Торговельні зв'язки, зі свого боку, можуть виступати окремим каналом міжнародного поширення технологічних ефектів [8].

Водночас безпосереднє використання абсолютних значень R&D, PAT та FDI створює проблему масштабу. Великі економіки закономірно мають більші сукупні витрати на дослідження, кількість патентних заявок та обсяги накопичених інвестицій. У такому вигляді кореляційні зв'язки можуть відображати не економічну близькість досліджуваних явищ, а спільну залежність від розміру країни. Зокрема, у вихідному масиві абсолютних даних коефіцієнт кореляції між R&D та PAT становив 0,970, що вказує на практично лінійну залежність двох показників. Тому R&D було перераховано на одну особу, PAT – на 1 млн осіб, а FDI – на одну особу. Для останнього показника на подальшому етапі також застосовано логарифмічне перетворення.

Після приведення показників до порівнюваного вигляду структура зв'язків істотно змінилася. Кореляційна матриця для 84 спостережень наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Кореляційна матриця показників цифрового та інноваційно-технологічного розвитку країн ЄС

Показник	DESI	R&D на особу	PAT на млн осіб	HTEXP	FDI на особу	ICT
DESI	1,000	0,528	0,606	0,136	0,300	0,775
R&D на особу	0,528	1,000	0,859	0,189	0,118	0,683
PAT на 1 млн осіб	0,606	0,859	1,000	0,136	0,220	0,774
HTEXP	0,136	0,189	0,136	1,000	0,845	0,183
FDI на особу	0,300	0,118	0,220	0,845	1,000	0,326
ICT	0,775	0,683	0,774	0,183	0,326	1,000

Примітка: R&D, PAT та FDI приведено до відносних значень з урахуванням чисельності населення. Кількість спостережень – 84. Для рівня значущості 0,05 критичне значення коефіцієнта кореляції становить приблизно 0,218.

Джерело: розраховано автором за даними European Commission, Eurostat та OECD [5; 13–18].

Після усунення впливу масштабу кореляція між витратами на дослідження та патентною активністю зменшилася з 0,970 до 0,859. Вона залишається високою, проте вже характеризує зв'язок між інтенсивністю фінансування досліджень та винахідницькою активністю, а не переважно різницю в розмірах економік. Досить тісними є також зв'язки ICT із DESI (0,775) та PAT (0,774), R&D із ICT (0,683), а також DESI з PAT (0,606).

Отримана матриця дозволяє виділити дві досить чіткі групи змінних. До першої належать DESI, R&D, PAT та ICT. Коефіцієнти кореляції між ними переважно перебувають у діапазоні 0,528–0,859, тобто показники описують взаємопов'язані характеристики внутрішнього цифрового та інноваційно-технологічного потенціалу країни. Їх включення до єдиного показника разом із характеристиками зовнішнього технологічного обміну могло б призвести до змішування передумов формування трансферу технологій із результатами міжнародної реалізації цього потенціалу.

Іншу конфігурацію демонструють HTEXP та FDI. Кореляція між ними становить 0,845, що є одним із найвищих значень у всій матриці. Водночас HTEXP має слабкі зв'язки з DESI (0,136), R&D (0,189), PAT (0,136) та ICT (0,183). Для FDI відповідні коефіцієнти також істотно нижчі, ніж кореляція з HTEXP: 0,300; 0,118; 0,220 та 0,326. Таким чином, показники торговельного та інвестиційного каналів формують статистично відокремлений блок порівняно з індикаторами внутрішнього технологічного потенціалу.

Такий результат має принципове значення для подальшої побудови інтегрального індексу. Він свідчить, що високий рівень цифровізації, значні витрати на R&D, патентна активність або забезпеченість ІКТ-фахівцями не можуть самі по собі використовуватися як безпосередній вимір інтенсивності міжнародного трансферу технологій. Вони визначають спроможність економіки створювати, сприймати та адаптувати технології, тоді як HTEXP і FDI більшою мірою характеризують їх зовнішню економічну реалізацію. Саме

тому на наступному етапі HTEXP та FDI було виокремлено як потенційні компоненти інтегрального індексу міжнародного трансферу технологій, а DESI, R&D, PAT та ICT залишено поза його безпосереднім складом як характеристики внутрішнього технологічного потенціалу.

Виокремлення HTEXP і FDI як показників зовнішньої реалізації технологічного потенціалу ще не дає підстав безпосередньо об'єднувати їх в один індекс. Обидва показники мають різну природу, одиниці виміру та форму розподілу. Частка високотехнологічної продукції в експорті є відносним показником, тоді як обсяг прямих іноземних інвестицій навіть після перерахунку на одну особу характеризується значно більшою міжкраїновою варіацією. З огляду на це перед агрегуванням було проведено додаткову трансформацію інвестиційної складової та перевірено статистичну

придатність двох показників до спільного представлення.

Розподіл FDI на одну особу у вибірці має виражену правосторонню асиметрію. Мінімальне значення становило 6196 дол. США для Польщі у 2018 р., максимальне – 283 957 дол. США для Ірландії у 2020 р., тобто різниця між крайніми спостереженнями досягала 45,8 раза. Коефіцієнт асиметрії при цьому становив 2,270. За такого розподілу окремі великі значення могли непропорційно впливати на подальше нормування та агрегування показника. Для зниження цього впливу до FDI на одну особу застосовано натуральне логарифмування. Після перетворення коефіцієнт асиметрії зменшився до 1,128, а діапазон значень $\ln(FDI)$ становив від 8,73 до 12,56. Параметри компонентів інтегрального індексу міжнародного трансферу технологій наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Параметри компонентів інтегрального індексу міжнародного трансферу технологій

Показник	Мінімум	Максимум	Розмах	Асиметрія
HTEXP, %	3,98 (Португалія, 2018)	43,50 (Ірландія, 2021)	39,52	1,690
FDI на особу, дол. США	6196 (Польща, 2018)	283957 (Ірландія, 2020)	277761	2,270
$\ln(FDI)$ на особу	8,73 (Польща, 2018)	12,56 (Ірландія, 2020)	3,82	1,128

Джерело: розраховано автором за даними Eurostat та OECD [13; 17; 18].

Логарифмування інвестиційної складової дещо змінило й характер взаємозв'язку між двома майбутніми компонентами індексу. Якщо кореляція між HTEXP та FDI на одну особу до перетворення становила 0,845, то для HTEXP та $\ln(FDI)$ на одну особу коефіцієнт кореляції дорівнював 0,7391. Зв'язок залишається достатньо тісним, але зниження його величини свідчить про те, що частина надзвичайно високої початкової кореляції була пов'язана з екстремальними значеннями

інвестиційного показника.

Для перевірки можливості подальшого агрегування HTEXP та $\ln(FDI)$ застосовано тест сферичності Бартлетта. Нульова гіпотеза тесту передбачає, що кореляційна матриця не відрізняється від одиничної, а отже, між змінними немає достатнього статистичного зв'язку для виділення спільного компонента. Статистика тесту визначалася за формулою:

$$X^2 = - \left[n - 1 - \frac{2k + 5}{6} \right] \ln|R|,$$

де:

n – кількість спостережень;

k – кількість змінних;

$|R|$ – визначник кореляційної матриці.

Для 84 спостережень і двох змінних при $r = 0,7391$ визначник кореляційної матриці становить:

$$|R| = 1 - r^2 = 1 - 0,7391^2 = 0,4538.$$

Відповідно,

$$X^2 = - \left[84 - 1 - \frac{2 \times 2 + 5}{6} \right] \ln(0,4538) = 64,40.$$

За одного ступеня свободи отримане значення є статистично значущим при $p < 0,001$, тому нульову гіпотезу про відсутність взаємозв'язку між змінними відхилено. Отриманий результат підтверджує можливість розглядати HTEXP і $\ln(FDI)$ як пов'язані прояви спільного виміру та застосовувати до них метод головних компонент.

Перед проведенням PCA обидві змінні

стандартизовано за z-перетворенням. Це необхідно через відмінність їх первинних масштабів: HTEXP змінюється в межах 3,98–43,50%, тоді як $\ln(FDI)$ – у межах 8,73–12,56. Аналіз проведено на кореляційній матриці стандартизованих показників відповідно до загальних принципів побудови композитних індикаторів [6]. Результати PCA наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Результати аналізу головних компонент та їх факторні навантаження

Компонента	Власне число	Пояснена дисперсія, %	Накопичена дисперсія, %
Перша (PC1)	1,7391	86,95	86,95
Друга (PC2)	0,2609	13,05	100,00
Разом	2,0	100	
Частка високотехнологічної продукції в експорті (HTEXP)	0,9325 (перша компонента)	-0,3612 (друга компонента)	
Логарифм прямих іноземних інвестицій на особу (ln FDI)	0,9325 (Перша компонента)	0,3612 (друга компонента)	

Джерело: розраховано автором за даними Eurostat та OECD [13; 17; 18].

Перша головна компонента має власне число 1,7391 і пояснює 86,95% сукупної дисперсії двох показників. На другу компоненту припадає лише 13,05%. Відповідно до критерію власного числа понад одиницю для подальшої інтерпретації достатньо першої компоненти [6]. Однакові додатні навантаження HTEXP та ln(FDI), що становлять 0,9325, означають, що збільшення обох показників пов'язане зі зростанням одного й того самого узагальненого статистичного виміру. У межах цього дослідження він інтерпретується як інтенсивність зовнішньої участі країни у міжнародному технологічному обміні.

При цьому рівність факторних навантажень

$$w_i = \frac{|a_i|}{\sum_{j=1}^k |a_j|},$$

де:

a_i – факторне навантаження відповідного показника.

Оскільки навантаження HTEXP та ln(FDI) на PC1 однакові (0,9325), після їх нормування обом компонентам надано рівні ваги — 0,5. Обидва показники приведено до шкали 0–100 методом мінімаксного

потребує окремого застереження. Для двох стандартизованих позитивно корельованих змінних симетричність їх навантажень на першу головну компоненту є математично очікуваною. Тому PCA в цьому випадку використовується насамперед не як самостійне доведення переваги рівних ваг, а як перевірка того, наскільки обидва показники можуть бути представлені одним спільним компонентом. Частка поясненої дисперсії у 86,95% свідчить, що таке представлення не призводить до суттєвої втрати інформації.

Для переходу від факторних навантажень до вагових коефіцієнтів їх абсолютні значення нормовано:

нормування.

З урахуванням результатів аналізу головних компонент інтегральний індекс міжнародного трансферу технологій визначено як:

$$TTI_{it} = 0,5 \times HTEXP_{it}^{norm} + 0,5 \times FDI_{it}^{norm},$$

де:

TTI_{it} – інтегральний індекс міжнародного трансферу технологій країни i у році t ;

$HTEXP_{it}^{norm}$ – нормована частка високотехнологічної продукції в експорті;

FDI_{it}^{norm} – нормоване значення натурального логарифма накопичених вхідних ПІІ на одну особу.

Економічний зміст індексу полягає в одночасному врахуванні двох зовнішніх каналів технологічної взаємодії. Перша складова відображає здатність економіки реалізовувати технологічно містку продукцію на зовнішніх ринках, друга – інтенсивність її включення до міжнародного інвестиційного руху, через який поряд із капіталом можуть передаватися технології, виробничі практики та управлінські компетенції [7; 8]. Водночас ТТІ не претендує на охоплення всіх можливих форм міжнародного трансферу технологій. Його доцільно трактувати як інтегральний показник інтенсивності міжнародного технологічного обміну через

торговельний та інвестиційний канали.

Для перевірки узгодженості запропонованого способу агрегування значення ТТІ було зіставлено з оцінками першої головної компоненти. Коефіцієнт кореляції між ними становив 0,999, що свідчить про практично повну відповідність порядку та відносних позицій спостережень, отриманих двома способами. Отже, перехід від факторних оцінок PCA до більш простої для інтерпретації формули з рівними вагами не призводить до істотної втрати інформації. Результати розрахунку ТТІ наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Інтегральний індекс міжнародного трансферу технологій країн ЄС, 2017–2022 рр.

Ранг	Країна	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Середнє	Зміна (2022-2017)
1	Ірландія	86,0	85,9	92,5	98,7	99,9	98,5	93,6	+12,5
2	Нідерланди	65,7	64,6	64,7	67,8	66,0	62,4	65,2	-3,3
3	Бельгія	34,9	33,5	37,0	40,0	43,4	40,1	38,2	+5,2
4	Швеція	33,2	31,3	32,4	36,0	34,3	34,1	33,6	+0,9
5	Чехія	26,6	29,5	31,4	35,2	32,9	34,3	31,6	+7,7
6	Австрія	30,2	28,6	29,0	31,0	30,2	29,3	29,7	-0,9
7	Франція	30,3	29,4	31,2	29,2	27,4	27,5	29,2	-2,8
8	Данія	24,9	22,5	24,1	28,4	27,8	27,8	25,9	+2,9
9	Німеччина	22,3	22,2	23,1	24,9	24,0	23,0	23,2	+0,7
10	Іспанія	14,2	14,5	15,3	16,9	17,9	19,5	16,4	+5,3
11	Фінляндія	16,0	12,4	15,0	16,2	15,6	14,5	14,9	-1,5
12	Португалія	12,1	11,0	13,7	15,2	14,4	15,0	13,6	+2,9
13	Італія	6,2	6,6	7,1	8,9	7,3	8,0	7,3	+1,8
14	Польща	6,0	5,5	6,6	7,8	8,7	9,2	7,3	+3,2
	Середнє по вибірці	29,2	28,4	30,2	32,6	32,1	31,7	30,7	+2,5

Примітка: країни впорядковано за середнім значенням ТТІ за 2017–2022 рр.

Джерело: розраховано автором за даними Eurostat та OECD [13; 17; 18].

Отримані значення ТТІ свідчать про значну міжкраїнову диференціацію інтенсивності міжнародного технологічного обміну за торговельним та інвестиційним каналами. Середнє значення індексу за 2017–2022 рр. становить 30,7 бала, а стандартне відхилення — 22,8 бала. Найвище середнє значення зафіксовано в Ірландії — 93,6 бала, що приблизно утричі перевищує середнє по вибірці. Нідерланди мають середнє значення 65,2 бала, Бельгія — 38,2, Швеція — 33,6, Чехія — 31,6 бала. Водночас високий рівень цифрового або інноваційного розвитку не обов'язково супроводжується аналогічно високим ТТІ. Так, середні значення індексу для Фінляндії, Данії та Німеччини становлять відповідно 14,9, 25,9 та 23,2 бала, що підтверджує доцільність розмежування внутрішнього технологічного потенціалу країни та інтенсивності його зовнішньої реалізації.

Динаміка ТТІ також не демонструє єдиного для всіх країн напрямку змін. На рівні вибірки середнє значення індексу зросло з 29,2 бала у 2017 р. до 31,7 бала у 2022 р., тоді як максимальне середнє значення — 32,6 бала — спостерігалось у 2020 р. Отже, протягом досліджуваного періоду не сформувався стійкий загальний висхідний тренд, а зміни відбувалися переважно на рівні окремих країн.

Отримані результати підтверджують, що внутрішній технологічний потенціал і зовнішня технологічна взаємодія є пов'язаними, але не взаємозамінними характеристиками. Такий висновок узгоджується з підходами, у яких міжнародний трансфер технологій відокремлюється від внутрішньої інноваційної діяльності та абсорбційної спроможності економіки [3; 7; 9]. На відміну від DEA-підходів, орієнтованих на оцінювання ефективності перетворення ресурсів у результати [10; 11], запропонований ТТІ не характеризує ефективність використання інноваційних ресурсів або загальний рівень технологічного розвитку країни. Його призначення полягає в порівняльному оцінюванні

інтенсивності зовнішньої технологічної взаємодії через торговельний та інвестиційний канали.

Водночас обидві складові індексу мають проксі-характер. Прямі іноземні інвестиції можуть бути пов'язані з передачею технологій, ноу-хау та управлінських практик [7], однак загальний обсяг ПІІ не є безпосереднім виміром обсягу переданих технологій. Аналогічно високотехнологічний експорт відображає включеність країни до міжнародного обміну технологічно місткою продукцією, але не дозволяє однозначно визначити походження технології або напрям фактичного руху знань [8]. Тому високі значення ТТІ слід трактувати як прояв інтенсивності торговельно-інвестиційного виміру міжнародного технологічного обміну, а не як безумовне свідчення загальної технологічної переваги країни.

Обмеження запропонованого підходу пов'язані також зі способом нормування та системою ваг. Мінімаксне перетворення робить значення ТТІ залежними від конкретної вибірки й періоду спостереження [6], тому отримані бали мають відносний, а не абсолютний характер. Ваги 0,5/0,5 доцільно розглядати як нейтральний спосіб агрегування двох статистично узгоджених компонентів, а не як доказ їх однакової економічної значущості в усіх країнах. Подальший аналіз чутливості індексу до альтернативних ваг і способів нормування може посилити перевірку його стійкості.

Крім того, ТТІ охоплює лише торговельний та інвестиційний канали міжнародного трансферу технологій. За його межами залишаються ліцензування, трансгранична передача прав інтелектуальної власності, міжнародні науково-дослідні проекти, академічна й професійна мобільність, стратегічні технологічні альянси та інші форми передачі знань і нематеріальних активів. Тому запропонований індекс доцільно використовувати як відтворюваний інструмент порівняльного оцінювання торговельно-інвестиційного виміру міжнародного трансферу технологій, а подальший

розвиток підходу пов'язувати з розширенням компонентного складу за наявності повних і зіставних міжкраїнових даних.

Висновки. Аналіз структури шести початкових індикаторів міжнародного трансферу технологій у країнах ЄС виявив два самостійних блоки показників: блок внутрішнього цифрового та інноваційно-технологічного потенціалу та блок зовнішньої технологічної взаємодії. Частка високотехнологічної продукції в експорті та прямі іноземні інвестиції на душу населення є складовими останнього блоку, вони тісно пов'язані між собою (коефіцієнт кореляції 0,845), але мають слабкий зв'язок (коефіцієнт кореляції не перевищує 0,189) з індексом цифрової економіки та суспільства, витратами на дослідження і розробки, патентною активністю і часткою ІКТ-фахівців. Це означає, що торгівельно-інвестиційна взаємодія формує окремий вимір трансферу, який не зводиться до рівня цифрового розвитку країни.

З метою формування інтегрального індексу міжнародного трансферу технологій було обрано два обрані індикатори блоку зовнішньої технологічної взаємодії, що є придатними для згортання, оскільки за методом головних компонент описують 86,95% сукупної дисперсії та перевірені за критерієм сферичності Бартлетта. Практично рівні навантаження дають змогу надати ваговим коефіцієнтам однакові значення 0,5 та свідчать про те, що торгівельний та інвестиційний канали трансферу мають однакову вагу у формуванні підсумкової оцінки.

Ранжування країн ЄС за інтегральним індексом міжнародного трансферу технологій виявило міжкраїнову диференціацію. Високі значення індексу Ірландії та Нідерландів можна пояснити податково-холдинговими потоками, а не реальним технологічним обміном. Фінляндія, Данія та Німеччина демонструють помірні значення індексу, але володіють високим цифровим та

дослідницьким потенціалом, що вказує на відсутність автоматичного переходу внутрішньої спроможності у зовнішній трансфер. Аналіз динаміки за досліджуванний період не виявив стійкої висхідної тенденції: значення індексу коливаються навколо національних рівнів.

Отримані результати окреслюють межі застосування запропонованого підходу, адже індекс охоплює торгівельно-інвестиційний канал трансферу та не враховує неринкові форми (спільні дослідницькі проекти, мобільність дослідників). Тому підсумкову оцінку доцільно тлумачити як характеристику зовнішньої торгівельно-інвестиційної складової трансферу, а не як його вичерпний вимір, тож напрям подальших досліджень полягає в розширенні набору індикаторів за рахунок показників наукової кооперації та інституційних каналів обміну технологіями.

Декларація щодо використання інструментів штучного інтелекту. Під час підготовки статті автором використовувався інструмент генеративного штучного інтелекту ChatGPT (OpenAI, модель GPT-5.6 Sol, 2026) як допоміжний засіб для структурування матеріалу, мовно-стилістичного опрацювання тексту, уточнення окремих формулювань, систематизації бібліографічної інформації та перевірки логічної послідовності викладення результатів дослідження. Інструмент також застосовувався для допоміжного пошуку та верифікації бібліографічних відомостей про використані наукові й статистичні джерела. Усі статистичні дані, розрахунки інтегрального індексу, методичні рішення, інтерпретація отриманих результатів та наукові висновки перевірені автором за першоджерелами та є результатом авторського дослідження. Автор несе повну відповідальність за науковість, достовірність наведених даних, коректність посилань, зміст, аргументацію та остаточну редакцію статті.

Список використаних джерел:

1. Kowalski P., Rabaioli D., Vallejo S. International Technology Transfer Measures in an Interconnected World: Lessons and Policy Implications. OECD Trade Policy Papers. 2017. No. 206. Paris : OECD Publishing. 85 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/ada51ec0-en>
2. OECD. The Links between Global Value Chains and Global Innovation Networks: An Exploration. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. 2017. No. 37. Paris : OECD Publishing. 75 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/76d78fbb-en>
3. Ciborowski R., Skrodzka I. International technology transfer as innovation factor in EU countries. International Journal of Technological Learning, Innovation and Development. 2016. Vol. 8, No. 4. Pp. 399–415. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJTLID.2016.081708>
4. Schimmelpfennig D., Thirtle C. The internationalization of agricultural technology: Patents, R&D spillovers, and their effects on productivity in the European Union and United States. Contemporary Economic Policy. 1999. Vol. 17, No. 4. Pp. 457–468. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1465-7287.1999.tb00696.x>
5. European Commission. Digital Economy and Society Index (DESI) 2022. Brussels : European Commission, 2022. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022> (дата звернення: 21.06.2026).
6. OECD, European Union, European Commission Joint Research Centre. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Paris : OECD Publishing, 2008. 162 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
7. Borensztein E., De Gregorio J., Lee J.-W. How does foreign direct investment affect economic growth? Journal of International Economics. 1998. Vol. 45, No. 1. Pp. 115–135. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(97\)00033-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(97)00033-0)

8. Wan J., Baylis K., Mulder P. Trade-facilitated technology spillovers in energy productivity convergence processes across EU countries. *Energy Economics*. 2015. Vol. 48. Pp. 253–264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.12.014>
9. Ciborowski R. W., Skrodzka I. International technology transfer and innovative changes adjustment in EU. *Empirical Economics*. 2020. Vol. 59. Pp. 1351–1371. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00181-019-01683-8>
10. Anderson H. J., Stejskal J. Diffusion Efficiency of Innovation among EU Member States: A Data Envelopment Analysis. *Economies*. 2019. Vol. 7, No. 2. Art. 34. DOI: <https://doi.org/10.3390/economies7020034>
11. Ștefan S. C., Popa I., Simion C.-P., Popa Ș. C., Pantea M.-I., Botez D. Measuring the EU Member States RDI and Technology Transfer Process Efficiency: A DEA Approach. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*. 2023. Vol. 57, No. 1. Pp. 203–220. DOI: <https://doi.org/10.24818/18423264/57.1.23.13>
12. Grafström J., Alm C. Diverging or converging technology capabilities in the European Union? *The Journal of Technology Transfer*. 2025. Vol. 50. Pp. 728–751. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-024-10070-0>
13. Eurostat. High-tech exports – Exports of high technology products as a share of total exports (from 2007, SITC Rev. 4). Dataset htec_si_exp4. Eurostat Data Browser. DOI: https://doi.org/10.2908/HTEC_SI_EXP4
14. Eurostat. GERD by sector of performance. Dataset rd_e_gerdtot. Eurostat Data Browser. DOI: https://doi.org/10.2908/RD_E_GERDTOT
15. Eurostat. Patent applications to the EPO by country of applicants and inventors. Dataset pat_ep_tot. Eurostat Data Browser. DOI: https://doi.org/10.2908/PAT_EP_TOT
16. Eurostat. Employed ICT specialists – total. Dataset isoc_sks_itspt. Eurostat Data Browser. DOI: https://doi.org/10.2908/ISOC_SKS_ITSPT
17. Eurostat. Population on 1 January. Dataset tps00001. Eurostat Data Browser. DOI: <https://doi.org/10.2908/TPS00001>
18. OECD. FDI by counterpart area and by economic activity, BMD4. OECD Data Explorer. URL: https://data-explorer.oecd.org/vis?df%5Bag%5D=OECD.DAF.INV&df%5Bds%5D=DisseminateFinalDMZ&df%5Bid%5D=DSD_FDI%40DF_FDI_CTRY_IND_SUMM (дата звернення: 01.07.2026).

References:

1. Kowalski, P., Rabaioli, D., & Vallejo, S. (2017). International technology transfer measures in an interconnected world: Lessons and policy implications (OECD Trade Policy Papers No. 206). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/ada51ec0-en> [in English].
2. OECD. (2017). The links between global value chains and global innovation networks: An exploration (OECD Science, Technology and Industry Policy Papers No. 37). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/76d78fbb-en> [in English].
3. Ciborowski, R., & Skrodzka, I. (2016). International technology transfer as innovation factor in EU countries. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, 8(4), 399–415. <https://doi.org/10.1504/IJTLID.2016.081708> [in English].
4. Schimmelpfennig, D., & Thirtle, C. (1999). The internationalization of agricultural technology: Patents, R&D spillovers, and their effects on productivity in the European Union and United States. *Contemporary Economic Policy*, 17(4), 457–468. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7287.1999.tb00696.x> [in English].
5. European Commission. (2022). Digital Economy and Society Index (DESI) 2022. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022> [in English].
6. OECD, European Union, & European Commission, Joint Research Centre. (2008). Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en> [in English].
7. Borensztein, E., De Gregorio, J., & Lee, J.-W. (1998). How does foreign direct investment affect economic growth? *Journal of International Economics*, 45(1), 115–135. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(97\)00033-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(97)00033-0) [in English].
8. Wan, J., Baylis, K., & Mulder, P. (2015). Trade-facilitated technology spillovers in energy productivity convergence processes across EU countries. *Energy Economics*, (48), 253–264. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.12.014> [in English].
9. Ciborowski, R. W., & Skrodzka, I. (2020). International technology transfer and innovative changes adjustment in EU. *Empirical Economics*, (59), 1351–1371. <https://doi.org/10.1007/s00181-019-01683-8> [in English].
10. Anderson, H. J., & Stejskal, J. (2019). Diffusion efficiency of innovation among EU member states: A data envelopment analysis. *Economies*, 7(2), Art. 34. <https://doi.org/10.3390/economies7020034> [in English].
11. Ștefan, S. C., Popa, I., Simion, C.-P., Popa, Ș. C., Pantea, M.-I., & Botez, D. (2023). Measuring the EU member states RDI and technology transfer process efficiency: A DEA approach. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 57(1), 203–220. <https://doi.org/10.24818/18423264/57.1.23.13> [in English].
12. Grafström, J., & Alm, C. (2025). Diverging or converging technology capabilities in the European Union? *The*

Journal of Technology Transfer, (50), 728–751. <https://doi.org/10.1007/s10961-024-10070-0> [in English].

13. Eurostat. (n.d.). High-tech exports – Exports of high technology products as a share of total exports (from 2007, SITC Rev. 4) (htec_si_exp4) [Data set]. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/htec_si_exp4/default/table?lang=en [in English].

14. Eurostat. (n.d.). GERD by sector of performance (rd_e_gerdtot) [Data set]. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/rd_e_gerdtot/default/table?lang=en [in English].

15. Eurostat. (n.d.). Patent applications to the EPO by country of applicants and inventors (pat_ep_tot) [Data set]. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/pat_ep_tot/default/table?lang=en [in English].

16. Eurostat. (n.d.). Employed ICT specialists – total (isoc_sks_itspt) [Data set]. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_sks_itspt/default/table?lang=en [in English].

17. Eurostat. (n.d.). Population on 1 January (tps00001) [Data set]. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00001/default/table?lang=en> [in English].

18. OECD. (n.d.). FDI by counterpart area and by economic activity, BMD4 [Data set]. https://data-explorer.oecd.org/vis?df%5Bag%5D=OECD.DAF.INV&df%5Bds%5D=DisseminateFinalDMZ&df%5Bid%5D=DSD_FDI%40DF_FDI_CTRY_IND_SUMM [in English].

Дата надходження статті: 14.08.2026 р.

Дата прийняття статті до друку: 29.09.2026 р.

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.10.2026 р.

Стаття поширюється на умовах ліцензії Creative Commons Attribution License International CC-BY.