

УДК 005.21:004.8

DOI: <https://doi.org/10.32782/СМІ/2026-19-23>**Омельчук В.О.**доктор економічних наук,
професор кафедри менеджменту організацій,
Національний університет «Києво-Могилянська академія»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6512-7577>

ГЛОБАЛЬНИЙ РІВЕНЬ РОЗВИТКУ ЕКОСИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ: МЕТОДОЛОГІЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ТА ШКАЛА ТЮРІНГІВ

Метою дослідження є концептуалізація глобального рівня розвитку екосистеми штучного інтелекту та розроблення відтворюваної методології його вимірювання. Методика поєднує концептуальний синтез, порівняльний аналіз шести міжнародних систем показників, indicator mapping, lineage-дедуплікацію, нормалізацію за фіксованими реперами та формативне агрегування. Результатом є обґрунтування семи взаємопов'язаних вимірів розвитку та уніфікованого підходу до комплексного оцінювання глобальної екосистеми штучного інтелекту на основі шкали Тюрінга. Запропоновано процедури узгодження та агрегування показників, що забезпечують порівнюваність оцінок і зменшують ризик подвійного врахування даних. Практична значущість полягає в застосуванні індексу для стратегічного управління, оцінювання інноваційної зрілості, аналізу глобальних розривів і сценарного планування.

Ключові слова: штучний інтелект, ШІ-екосистема, композитний індекс, формативний конструкт, шкала тюрінгів, стратегічне управління, технологічне прогнозування.

Omelchuk Valerii

National University of Kyiv-Mohyla Academy

GLOBAL AI ECOSYSTEM DEVELOPMENT LEVEL: AN INTEGRATED INDEX METHODOLOGY AND THE TURING SCALE

The rapid expansion of artificial intelligence has been accompanied by numerous international indices that assess national AI activity, government readiness, investment potential, infrastructure, human capital and regulation. These instruments differ in their objects of measurement, units of analysis, time frames, geographical coverage and aggregation rules; consequently, they do not yield an integrated, time-comparable picture of the global AI ecosystem. This article conceptualises the Global AI Ecosystem Development Level (GAIEDL) and proposes a reproducible methodology for its measurement. The construct is defined as a formative multidimensional composite comprising seven interdependent dimensions: technological capabilities; research and innovation; compute, energy and data infrastructure; human capital and education; investment and commercialisation; adoption and socio-economic impact; and governance, safety and inclusion. Six international measurement systems are used as an information base rather than as six equal votes: their headline scores are not averaged. Instead, the methodology requires disaggregation, an indicator-to-dimension mapping matrix, lineage-based deduplication of overlapping variables, fixed-goalpost normalisation and adjustments for data quality and recency. The results provide a structured approach to integrating heterogeneous indicators into a comparable assessment of AI ecosystem development. The framework combines the seven dimensions through weighted geometric aggregation and introduces the turing (Tr) as a common unit for interpreting ecosystem-level development. Procedures for validity assessment, sensitivity analysis and historical backcasting are specified. Procedures for content, convergent and discriminant validity, sensitivity analysis and historical backcasting are specified. The framework supports strategic management, innovation-maturity assessment, global-gap analysis, resource allocation and scenario planning, providing a transparent basis for annual monitoring and long-term interpretation of AI development.

Keywords: artificial intelligence, AI ecosystem, composite index, formative construct, Turing scale, strategic management, technology foresight.

Постановка проблеми. Штучний інтелект (далі – ШІ) перетворився з відносно спеціалізованого напрямку комп'ютерних наук на інфраструктурну технологію загального призначення, яка змінює науку, бізнес, державне управління, освіту й оборону. Поширення генеративних моделей показало, що розвиток ШІ не можна оцінювати лише за технічними характеристиками окремих алгоритмів. Його реальні можливості визначаються взаємодією моделей, обчислювальних потужностей, енергетики, даних, людського капіталу, організацій, інвестицій та інститутів урядування. Відповідно, об'єктом стратегічного аналізу дедалі більше стає не окрема модель чи галузь, а глобальна екосистема ШІ.

Для її оцінювання вже сформовано значний масив міжнародних систем показників. Stanford Institute for Human-Centered AI визначає національну ШІ-активність (AI vibrancy) [1]; Observer/Tortoise – упровадження, інновації та інвестиції [2]; Міжнародний валютний фонд – структурну готовність економік [3]; Oxford Insights – урядову спроможність використовувати ШІ для суспільної користі [4]; Agence française de développement – потенціал відповідального інвестування [5]; OECD – параметри trustworthy AI [6]; окремий напрям становлять індекси врядування ШІ [7]. Ці підходи дають важливі країнові оцінки, однак охоплюють лише окремі виміри складної екосистеми.

Водночас залишається недостатньо розробленим інтегральне оцінювання глобального рівня розвитку ШІ-екосистеми в певний момент часу. Таке вимірювання не може ґрунтуватися лише на показниках країни-лідера чи середньому значенні національних оцінок. Воно має одночасно враховувати передній край технологічних можливостей (frontier), широту глобального поширення ШІ (breadth) та ступінь зближення країн за доступом до відповідних спроможностей (convergence).

Окремою проблемою залишається відсутність узгодженої часової шкали, яка пов'язувала б історичні витоки машинного розв'язання інтелектуальних завдань із сучасним розвитком ШІ та потенційними станами AGI й Super AI. Більшість наявних індексів охоплює лише кілька останніх років, залежить від складу вибірки та не має фіксованих реперних значень. Невирішеним залишається завдання створення єдиного часово зіставного показника глобального розвитку ШІ-екосистеми, який поєднував би frontier, breadth і convergence та підтримував стратегічні рішення про розподіл ресурсів, оцінювання інноваційної зрілості й узгодження технологічних можливостей з інфраструктурою, людським капіталом і врядуванням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методологічною основою запропонованого індексу є поєднання підходів до побудови композитних показників, концепцій машинного інтелекту та аналізу наявних систем вимірювання розвитку ШІ.

Композитні індекси застосовують для багатовимірних феноменів, які не можна адекватно представити одним показником. У настановах OECD та Joint Research Centre композитний індикатор визначено як результат об'єднання окремих показників на основі теоретичної моделі багатовимірного поняття [8]. Зокрема, С. Греко та співавтори зазначають, що основними проблемами є визначення ваг, правил агрегування та перевірка стійкості [9], а А. Салтеллі застерігає від використання індексу для обґрунтування наперед визначених висновків [10]. Для запропонованого індексу це принципово, оскільки глобальний розвиток ШІ є формативним конструктом, оскільки його компоненти не є взаємозамінними проявами єдиної прихованої властивості, а спільно формують досліджуване явище. Відповідно, висока внутрішня кореляція показників не є обов'язковою умовою валідності й може свідчити про дублювання.

Теоретичні передумови машинного інтелекту пов'язані з абстрактною моделлю обчислювальної машини [11] та операціоналізацією питання «чи може машина мислити?» через imitation game [12]. Так, І. Гуд розвинув поняття надінтелектуальної машини [13], а подальші дискусії про superintelligence зосередилися на автономності, загальності та управлінських наслідках [14]. Спроби формалізувати машинний інтелект засвідчують недостатність вузького тесту, тому верхню межу розвитку ШІ також не можна зводити до одного бенчмарку; це підтверджують сучасні системи вимірювання спроможностей моделей у зіставленні з людськими навичками [15].

Шість міжнародних систем доцільно зіставляти не як однакові «голоси», а за об'єктом, охопленням, даними, сильними сторонами й обмеженнями. Stanford [1] і Observer/Tortoise [2] краще фіксують фактичну

активність і передній край; IMF [3], Oxford [4] та AFD [5] забезпечують ширше представлення світу й структурних передумов; OECD додає нормативну перспективу trustworthy AI, що спирається на Рекомендацію Ради OECD [16], а індекси врядування [7] загострюють вимір безпеки й підзвітності. Висока кореляція підсумкових балів цих систем не означає їхньої змістової тотожності.

На прикладному рівні українські дослідження засвідчують потребу інтеграції розрізнених ШІ-спроможностей та їх комплексного оцінювання. Так, О. Кoberнюк і О. Помазан обґрунтовують перехід від фрагментарного використання ШІ-інструментів до інтегрованої архітектури [17], В. Таранич і О. Пелехаський аналізують застосування ШІ у стратегічному управлінні підприємством [18], а О. Кoberнюк пропонує формативний композитний індекс ефективності персоналізації [19]. Ці підходи підтверджують доцільність інтегрованого вимірювання ШІ-спроможностей, однак не охоплюють глобального рівня їх розвитку та часової зіставності. Відповідно, наукової уваги потребує розроблення методології інтегрованого вимірювання глобальної ШІ-екосистеми на основі узгодження міжнародних систем показників і формування єдиної шкали її розвитку.

Формування цілей статті (постановка завдання).

Метою статті є концептуалізація глобального рівня розвитку екосистеми ШІ та розроблення методології його вимірювання шляхом інтеграції шести міжнародних систем показників у єдину шкалу тюрінгів.

Відповідно до мети визначено такі завдання:

- 1) сформулювати систему вимірів, необхідну й достатню для комплексного опису глобальної ШІ-екосистеми;
- 2) розробити спосіб інтеграції міжнародних ШІ-індексів із різними об'єктами, шкалами та охопленням без механічного усереднення й подвійного рахунку;
- 3) обґрунтувати процедуру переходу від країнових значень до глобальної шкали 1–100 Тг без отождолення світового рівня з показником країни-лідера.

Об'єктом дослідження є глобальна ШІ-екосистема як сукупність технологій, ресурсів, акторів, інститутів і практик, пов'язаних зі створенням, поширенням, застосуванням та врядуванням ШІ. Предметом є теоретичні засади, система вимірів, процедури нормалізації, зважування й агрегування показників глобального розвитку ШІ-екосистеми.

У дослідженні застосовано концептуальний синтез, порівняльний аналіз шести методологій, зіставлення показників (indicator mapping), дедуплікацію за походженням даних (lineage-based), нормалізацію з фіксованими реперами (fixed-goalpost normalisation), формативне агрегування та проектування протоколу валідації. Процедура Delphi, аналізу головних компонент, ентропійного зважування й Monte Carlo розглянуто не як виконані, а як етапи майбутньої емпіричної апробації, оскільки стаття спрямована на розроблення методології, а не на обчислення вже сформованого глобального бала.

Виклад основного матеріалу дослідження. Термін «екосистема» підкреслює, що результати ШІ виникають не з ізольованого ресурсу, а з конфігурації взаємозалежних елементів, оскільки найдосконаліша модель не створює суспільного ефекту без обчислювальної інфраструктури, даних, людського капіталу, організаційних процесів і доступу користувачів, а широке

впровадження без механізмів безпеки й довіри посилює ризики [3; 6].

Під глобальним рівнем розвитку екосистеми штучного інтелекту (Global AI Ecosystem Development Level, далі – GAIEDL) пропонується розуміти інтегральний, часово визначений стан спроможності людства створювати, розвивати, поширювати, продуктивно використовувати та відповідально спрямовувати системи ШІ, сформований взаємодією технологічних можливостей, наукових знань, інфраструктури, людського капіталу, інвестицій, практик упровадження та інститутів урядування. Конструкт є глобальним, але емпірично спирається на країнові й транснаціональні дані; характеризує екосистему, а не «інтелект» окремої моделі, поєднує створення можливостей із їх поширенням, ураховує інституційну спроможність управляти ризиками та фіксує стан у часі, що дає змогу формувати динамічний ряд.

GAIEDL не є синонімом готовності до впровадження (AI readiness), інтенсивності ШІ-активності (AI vibrancy), ресурсної забезпеченості (AI capacity) чи інвестиційної привабливості (AI investment potential). Він інтегрує ці аспекти, доповнюючи їх передовими технологічними спроможностями (frontier capabilities), глобальною дифузією та часовою шкалою. Індекс є формативним: технологічна потужність без дифузії, ресурсної стійкості й належного врядування не свідчить про зрілість екосистеми. Урахування врядування, безпеки й інклюзивності запобігає ототожненню нарощування обчислювальних і комерційних ресурсів із розвитком системи загалом. GAIEDL не вимірює свідомість машини, не є прямою оцінкою ризику й не замінює технічні бенчмарки.

Критеріями добору шести систем визначено авторитетність інституції, відкритість методології, географічне охоплення, ШІ-специфічність та взаємодоповнюваність. Ці джерела виконують роль інформаційної бази й методологічних рамок, а не шести рівноправних чисел. Зокрема, не використовується вигаданий підсумковий бал OECD AI Index, а доступні індикатори OECD.AI застосовуються для методологічної стабілізації.

На основі порівняльного аналізу запропоновано сім вимірів глобальної ШІ-екосистеми (табл. 1).

Як бачимо, цей перелік є компромісом між повнотою та ризиком надмірної фрагментації, оскільки кожен вимір виконує окрему функцію й не може бути повністю замінений іншим. Технологічні спроможності (D1) відображають фактичне розширення можливостей моделей, однак не визначають зрілість екосистеми самі по собі: перевага в окремому тесті не компенсує обмеженого доступу, монополізованої інфраструктури, недостатнього впровадження чи відсутності механізмів безпеки. Дослідження та інновації (D2) характеризують здатність продукувати нові знання, методи й моделі; обчислювальна, енергетична та дата-інфраструктура (D3) – матеріальну основу їх навчання, розгортання й доступу; людський капітал та освіта (D4) – кадрову й освітню спроможність; інвестиції та комерціалізація (D5) – здатність фінансувати ШІ та масштабувати результати; упровадження та суспільно-економічний вплив (D6) – реальний масштаб використання й трансформацію діяльності; урядування, безпека та інклюзивність (D7) – спроможність регулювати розвиток, знижувати ризики, підтримувати довіру та забезпечувати доступність переваг. Сукупно

Таблиця 1

Структура інтегрального індексу GAIEDL

Вимір	Операціональний зміст	Типові індикатори	Джерельні системи	Управлінська інтерпретація
D1. Технологічні спроможності	Досягнута здатність ШІ-систем виконувати складні, міждоменні й автономні завдання	Результати frontier-моделей; бенчмарки; мультимодальність; надійність	Stanford; OECD AI Capability Indicators	Технологічні пріоритети; оцінка переднього краю
D2. Дослідження та інновації	Спроможність продукувати нові знання, методи, моделі й інтелектуальні активи	Публікації; цитування; патенти; open-source моделі й датасети	Stanford; Observer/Tortoise	Пріоритети R&D; підтримка інновацій
D3. Обчислювальна, енергетична і дата-інфраструктура	Матеріальна основа навчання, розгортання та доступу, доступність і якість даних	GPU-кластери; дата-центри; генерація електроенергії; якість даних	IMF; Oxford; Observer/Tortoise	Інфраструктурні інвестиції; енергетика; дані
D4. Людський капітал та освіта	Наявність людей і систем навчання, здатних створювати й використовувати ШІ	ШІ-дослідники; STEM; магістратура й докторантура; ШІ-грамотність	Stanford; IMF; AFD	Кадрова політика; освіта; мобільність талантів
D5. Інвестиції та комерціалізація	Здатність фінансувати ШІ й перетворювати знання на масштабовані продукти	Приватні й державні інвестиції; ШІ-компанії; R&D-видатки	Observer/Tortoise; AFD	Фінансування; інвестиційна привабливість
D6. Упровадження та суспільно-економічний вплив	Масштаб реального використання ШІ та зміни діяльності організацій і громадян	Використання бізнесом, урядом і населенням; галузева дифузія; продуктивність	IMF; Oxford; OECD.AI	Дифузія; продуктивність; цифрові послуги
D7. Урядування, безпека та інклюзивність	Здатність встановлювати правила, знижувати ризики, підтримувати довіру й доступність вигід	Стратегії; регулювання; safety research; суспільна довіра; рівність доступу	Oxford; OECD; індекси врядування ШІ	Відповідальність; безпека; суспільна легітимність

Джерело: авторська розробка

D1–D3 характеризують технологічно-ресурсну основу, D4–D5 – кадрово-фінансову, а D6–D7 – практичну дифузію та відповідальність екосистеми. Оскільки джерельне покриття вимірів є нерівномірним, міжнародним системам не надається однакова вага.

Первинною одиницею спостереження є країна або територія, для якої доступні дані, а одиницею підсумкового аналізу – глобальна екосистема в році t . Для кожного релізу фіксується *vintage* даних: рік фактичного спостереження, дата публікації та часовий лаг. Якщо індекс видано у 2026 році на основі даних 2024 року, значення відносять до 2024 року або коригують процедурою *nowcasting*, а не записують як стан 2026 року. Публікація GAIEDL містить і рік оцінки, і рік релізу.

Найпростіша процедура – нормалізувати шість загальних балів і взяти середнє – неприйнятна, оскільки один феномен (публікації, *broadband*, патенти, STEM-випускники, венчурний капітал) неодноразово потрапив би до результату; підсумкові бали містять внутрішні ваги різних концептів, повторне зважування яких утворює непрозору «вагу ваг»; список країн відрізняється від 36 у Stanford до 195 в Oxford; а OECD AI Index ще не має стабільного бала. З огляду на це, одиницею інтеграції є не загальні індекси, а дезаггеговані підіндекси й, наскільки можливо, первинні показники.

Для кожного показника формується реєстр метаданих (назва, визначення, первинний виробник даних, індекс-джерело, країни, роки, одиниця, напрям бажаності, правила обробки пропусків, обмеження) з обов'язковим розмежуванням видавця індексу й первинного джерела: якщо Stanford, IMF та Oxford використовують дані World Bank, це один інформаційний потік, а не три незалежні підтвердження. Віднесення показників до семи вимірів здійснюється через матрицю відповідності M зі значеннями 1 (повна), 0,5 (часткова) або 0 (відсутня), причому сума коефіцієнтів одного показника не перевищує одиниці, що запобігає прихованому збільшенню ваги. Показники групуються за походженням даних (*data lineage*). Зокрема, для повністю дубльованих показників зберігається один базовий варіант, для частково дубльованих визначається коефіцієнт унікальності від 0 до 1. Нульове значення та відсутність даних не ототожнюються й розглядаються як різні стани.

Нормалізація здійснюється за фіксованими реперами (формула 1), де x – значення показника i для країни c у році t , L і U – нижній та верхній (цільовий) репери, а функція *clip* обмежує результат інтервалом $[0; 1]$. Для показників, за якими нижче значення є кращим, застосовується зворотне перетворення. Фіксовані межі забезпечують часову порівняльність: щорічна *min-max* нормалізація придатна для ранжування країн, але спотворює історичну шкалу. Для сильно асиметричних змінних (інвестиції, обчислювальні потужності, патенти) перед нормалізацією застосовують $\log(1+x)$ або *winsorization* на 1-му та 99-му перцентилях.

$$z_{i,c,t} = \text{clip} \left[\frac{x_{i,c,t} - L_i}{U_i - L_i}, 0, 1 \right] \quad (1)$$

Кожне джерело-показник отримує коефіцієнт якості (формула 2) як добуток компонентів прозорості методології T , географічної повноти S , надійності R , унікальності U та актуальності F , кожен зі значенням від 0 до 1. Коефіцієнт актуальності може задаватися ек-

поненційним згасанням, більшим для швидкозмінних даних про моделі, GPU чи інвестиції. Країновий бал виміру (формула 3) обчислюється як зважене середнє нормалізованих показників з урахуванням якості й матриці відповідності; знаменник перераховується лише за наявності щонайменше 60 % сумарної потенційної ваги виміру, інакше результат не публікується без позначеної імпуації.

$$q_{i,s,t} = T_i \cdot C_i \cdot R_i \cdot U_i \cdot F_{i,t} \quad (2)$$

$$D_{c,k,t} = \frac{\sum_{s,i} w_i q_{i,s,t} M_{i,s,k} z_{i,c,t}}{\sum_{s,i} w_i q_{i,s,t} M_{i,s,k}} \quad (3)$$

Світовий рівень не може дорівнювати ні максимальному країновому балу, ні простому середньому. Відповідно, для кожного виміру обчислюються три компоненти: *frontier* F – середнє п'яти найвищих країнових результатів (*top-5* зменшує залежність від окремого викиду); *breadth* B – геометричне поєднання незваженого та зваженого за населенням середніх; *convergence* C – показник поширення спроможностей, який водночас не завищує оцінку за рівномірно низьких значень і враховує коефіцієнт нерівності Джині. Глобальний бал виміру визначається зваженою комбінацією цих компонентів (формула 4) з базовими авторськими вагами 40/40/20, що відображають однакову важливість переднього краю й широти та коригувальну роль конвергенції; їхню стійкість перевіряють у діапазоні ± 10 пунктів.

$$G_{k,t} = 0,40 \cdot F_{k,t} + 0,40 \cdot B_{k,t} + 0,20 \cdot C_{k,t} \quad (4)$$

Загальний індекс до переведення в тюрінги обчислюється як зважене геометричне середнє семи вимірів (формула 5), де ε – мале технічне число (0,001), що запобігає нульовому добутку, не підмінюючи фактичне нульове значення. Геометричне агрегування обране через обмежену компенсаторність, оскільки значний обсяг інвестицій не повинен повністю компенсувати критичну недостатність енергетики, талантів або інститутів безпеки, що відповідає екосистемній логіці. Разом із загальним балом публікуються значення семи вимірів, профіль $F/B/C$, частка імпутованих даних, інтервал чутливості та версія методології. Авторські ваги 40/40/20 є відкритими, а поріг достатності даних і правило імпуації мають запобігати псевдоточності за відсутності відкритого набору даних.

$$GAI_t = \prod_{k=1}^7 (G_{k,t} + \varepsilon)^{w_k}, \quad \sum w_k = 1 \quad (5)$$

Тюрінг (Tr) пропонується як авторська умовна одиниця індексної шкали глобального розвитку ШІ-екосистеми. За статусом він ближчий до пункту композитного індексу, ніж до фізичної одиниці. Переведення інтегрального бала в тюрінги задається лінійною трансформацією (формула 6) між нижнім і верхнім реперами: різниця в один Tr означає один стандартизований інтервал на шкалі. Значення не варто трактувати як «відсоток шляху до неминучого Super AI». Воно показує положення на нормативно сконструйованій інтервальній шкалі за конкретною версією методології, а розвиток окремих вимірів може бути зворотним.

$$Tr_t = 1 + 99 \cdot \left[\frac{GAI_t - GAI_{1940}}{GAI_{SuperAI} - GAI_{1940}} \right] \quad (6)$$

Нижня реперна точка встановлюється нормативно: 1 Tr відповідає стану 1940 року. За даними The National Museum of Computing, перша британська електромеханічна Bombe «Victory» почала криптоаналітичну роботу в Bletchley Park 14 березня 1940 року [20]. «Victory» не була ІІІ-системою в сучасному розумінні, універсальним комп'ютером чи автономним агентом. Її вибір має символічно-методологічний характер – це рання точка масштабного поєднання математичної формалізації, механізованого пошуку в просторі гіпотез, інженерної інфраструктури, операторів і державної організації для розв'язання завдання, яке доти вимагало винятково людської інтелектуальної праці. Отже, 1 Tr – аксіоматичний репер, а не значення, ретроспективно отримане з сучасних індексів.

Верхня точка (100 Tr) визначається не як перше повідомлення про надлюдську модель, а як екосистемно інтегрований Super AI – стійкий і незалежно підтверджений стан, у якому ІІІ-системи перевершують найкращі людські результати в переважній більшості значущих когнітивних доменів, демонструють міждоменне перенесення й автономне довгострокове планування, а глобальна екосистема має інфраструктурну, людську

й інституційну спроможність для їх масштабного, безпечного та суспільно відповідального використання. Кількісні пороги кожного критерію затверджуються окремим протоколом і після фіксації як goalposts не переміщуються ретроспективно без публікації нової версії шкали. Проміжним історичним подіям довольні значення Tr не присвоюються до емпіричного backcasting.

Послідовність етапів формування індексу – від шести джерельних систем до переведення результату у тюрінги – узагальнено на рис. 1.

Оскільки конструкт формативний, головним критерієм не є Cronbach's alpha. Протокол валідації охоплює змістову валідність (експертний аналіз охоплення суттєвих елементів екосистеми), конвергентну (зв'язок GAIEDL із незалежними показниками поза розрахунком – inference cost, енергоспоживання ІІІ-дата-центрів, галузеві показники adoption) і дискримінантну (доказ, що індекс не є перейменованим ВВП на душу населення чи індексом цифровізації). Стійкість перевіряється процедурами leave-one-system-out (почергове вилучення OECD, Stanford, Observer/Tortoise, IMF, Oxford, AFD), варіюванням var, top-k frontier, способів імпутації та зіставленням геометричного й арифме-

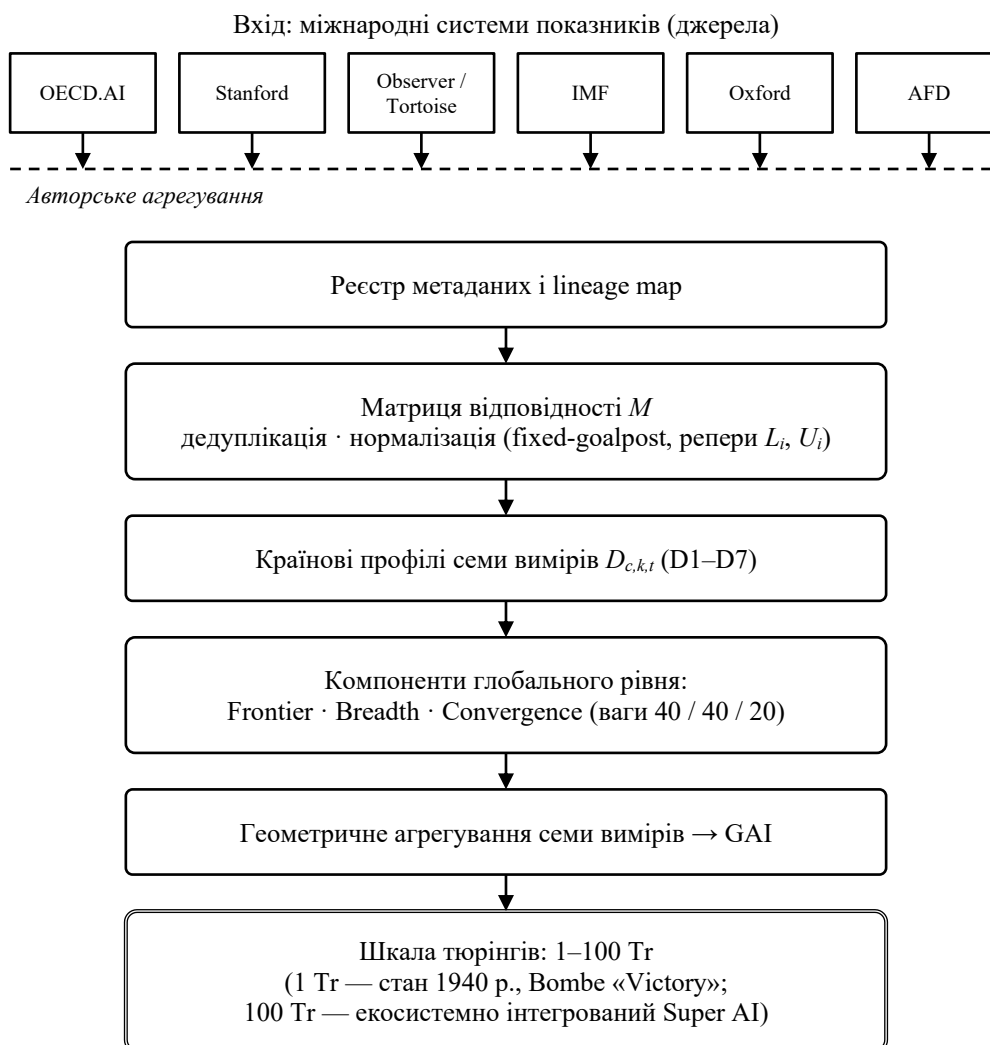


Рис. 1. Алгоритм формування GAIEDL і переведення результату в тюрінги

Джерело: авторська розробка

тичного агрегування. Індекс вважається стійким, якщо зміна обґрунтованих припущень не змінює висновку про фазу розвитку.

Управлінське застосування GAIEDL є багаторівневим. У стратегічному менеджменті індекс співвідносить національні стратегії не лише з рейтингом конкурентів, а й із фазою розвитку світової екосистеми. Профіль семи вимірів і F/B/C-компонентів підтримує оцінювання інноваційних розривів та планування ресурсів, оскільки однаковий загальний Tr може відповідати різним станам (високий frontier зі слабкою дифузійною або помірний frontier із широкою інтеграцією). Шкала уможливила сценарний аналіз – «концентрованого прориву», «керованої дифузії» та «інфраструктурної межі» – не обираючи бажаного сценарію, але роблячи відмінності вимірюваними.

Обмеження методології охоплюють нормативність вибору вимірів, ваг F/B/C і реперів; нерівномірність та часову неоднорідність даних; недопредставленість закритих екосистем; складність територіальної атрибуції транснаціональних акторів; історичні розриви довгого часового ряду; рухомість технологічного горизонту, що потребує версіювання критеріїв 100 Tr. Оскільки емпіричний розрахунок ще не виконано, статистична стійкість у статті не заявляється, а поточне значення індексу в тюрінгах не наводиться.

Висновки. Дослідження показало, що фрагментація міжнародних III-індексів відображає багатовимірність екосистеми, але не виключає її інтегрального вимірювання. Запропоновано розглядати глобальний

рівень розвитку III-екосистеми як окремий об'єкт оцінювання, що поєднує технологічний передній край (frontier), широту поширення спроможностей (breadth) та конвергенцію (convergence).

Розроблено семивимірну формативну модель та алгоритм інтеграції шести міжнародних систем показників, що охоплює дезагрегацію джерел, матрицю відповідності, lineage-дедуплікацію, нормалізацію за фіксованими реперами, урахування якості й актуальності даних та глобальне агрегування. Це забезпечує перехід від окремих країнових оцінок до цілісної характеристики глобальної III-екосистеми без механічного усереднення та подвійного рахунку.

Запропоновано часово орієнтовану шкалу 1–100 тюрінгів (Tr): 1 Tr нормативно відповідає роботі «Victory» 1940 року, а 100 Tr – екосистемно інтегрованому стану Super AI. Шкала створює основу для історичного й перспективного порівняння, однак її емпіричне калібрування потребує подальшої валідації.

Наукова новизна полягає у визначенні глобального рівня розвитку III-екосистеми як окремого об'єкта вимірювання та інтеграції технологічного переднього краю, масштабу поширення III-спроможностей і конвергенції. Практична цінність моделі пов'язана з можливістю її використання для стратегічного управління, оцінювання інноваційної зрілості, аналізу глобальних розривів і сценарного планування. Подальші дослідження передбачають відкриту емпіричну апробацію моделі, валідацію реперів і розрахунок першого значення GAIEDL.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Fattorini L., Maslej N., Perrault R., Parli V., Etchemendy J., Shoham Y., Ligett K. The Global AI Vibrancy Tool. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024. URL: https://hai.stanford.edu/assets/files/global_ai_vibrancy_tool_paper_november2024.pdf
2. White J., Cesareo S. The Global AI Index : Methodology Report. *Tortoise Media*, 2025. URL: <https://www.tortoisemedia.com/data/global-ai>
3. AI Preparedness Index (AIIPI). International Monetary Fund. Washington, 2024. URL: <https://www.imf.org/external/datamapper/AIPINote.pdf>
4. Iida K., Rahim S., Rogerson A. Government AI Readiness Index 2025: Methodology Report. Oxford Insights, 2026. URL: <https://policycommons.net/artifacts/43007267/methodology-report-2025-1/43906317/>
5. Taieb A., Zanusso C., Addo P.M., Melonio T. AIIPI 2026: AI Investment for All – A Multidimensional Path to Inclusive and Sustainable Growth – A strategic tool to strengthen countries' AI potential. *Agence française de développement*, 2026. URL: <https://www.afd.fr/en/resources/aipi-2026-ai-investment-all-multidimensional-path-inclusive-and-sustainable-growth>
6. AI Index. *OECD*, 2026. URL: <https://oecd.ai/en/site/ai-index>
7. AGILE Index 2025: AI Governance International Evaluation Index / Y. Zeng et al. *arXiv*. 2025. arXiv:2507.11546. URL: <https://arxiv.org/abs/2507.11546>
8. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Paris: OECD Publishing, 2008. 162 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>.
9. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M., Torrisi G. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. *Social Indicators Research*. 2019. Vol. 141. P. 61–94. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
10. Saltelli A. Composite Indicators between Analysis and Advocacy. *Social Indicators Research*. 2007. Vol. 81. P. 65–77. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-006-0024-9>
11. Turing A.M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*. 1937. Vol. s2-42, № 1. P. 230–265. DOI: <https://doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230>
12. Turing A.M. Computing Machinery and Intelligence. *Mind*. 1950. Vol. 59, № 236. P. 433–460. DOI: <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
13. Good I. J. Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine. *Advances in Computers*. 1966. Vol. 6. P. 31–88. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2458\(08\)60418-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2458(08)60418-0)
14. Bostrom N. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford : Oxford University Press, 2014. 328 p.
15. Introducing the OECD AI Capability Indicators. *OECD*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1787/be745f04-en>
16. Recommendation of the Council on Artificial Intelligence : OECD/LEGAL/0449. *OECD*. 2019. URL: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>
17. Кобернюк С.О., Помазан Л.М. Архітектура інтелектуальних маркетингових систем: від фрагментарних рішень до інтегрованих асистентів на базі штучного інтелекту. *Бізнес Інформ*. 2026. № 2. С. 432–441. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-2-432-441>

18. Таранич А.В., Пелехаський Д.О. Використання штучного інтелекту в процесах стратегічного управління підприємствами. *Економіка України*. 2024. № 1 (746). С. 54–65. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2024.01.054>
19. Кобернюк С. О. Цифровий портрет та персоналізація комунікації з сучасним споживачем. *International Security Studies: managerial, technical, legal, environmental, informational, economic and psychological aspects : international collective monograph*. Vol. II. Lublin : ISAP, 2026. С. 106–142. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19385630>
20. The Turing-Welchman Bombe. *The National Museum of Computing*. 2026. URL: <https://www.tnmoc.org/bombe>

REFERENCES

1. Fattorini L., Maslej N., Perrault R., Parli V., Etchemendy J., Shoham Y. & Ligett K. (2024) *The global AI vibrancy tool*. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. Available at: https://hai.stanford.edu/assets/files/global_ai_vibrancy_tool_paper_november2024.pdf
2. White J. & Cesareo S. (2025) *The Global AI Index: Methodology Report*. Tortoise Media. Available at: <https://www.tortoisemedia.com/data/global-ai>
3. International Monetary Fund (2024) *AI preparedness index (AIIPI)*. Available at: <https://www.imf.org/external/datamapper/AIPINote.pdf>
4. Iida K., Rahim S. & Rogerson A. (2026) *Government AI readiness index 2025: Methodology report*. Oxford Insights. Available at: <https://policycommons.net/artifacts/43007267/methodology-report-2025-1/43906317/>
5. Taieb A., Zanusso C., Addo P. M. & Melonio T. (2026) *AIIPI 2026: AI Investment for All – A Multidimensional Path to Inclusive and Sustainable Growth – A strategic tool to strengthen countries' AI potential*. Agence française de développement. Available at: <https://www.afd.fr/en/resources/aippi-2026-ai-investment-all-multidimensional-path-inclusive-and-sustainable-growth>
6. OECD (2026) *AI index*. Available at: <https://oecd.ai/en/site/ai-index>
7. Zeng Y., Lu E., Guo X., Huangfu C., Xie J., Chen Y., ... & Younas A. (2025) *AGILE index 2025: AI governance international evaluation index*. arXiv. arXiv:2507.11546. Available at: <https://arxiv.org/abs/2507.11546>
8. OECD (2008) *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
9. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M. & Torrissi G. (2019) On the methodological framework of composite indices: A review of the issues of weighting, aggregation, and robustness. *Social Indicators Research*, vol. 141, pp. 61–94. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
10. Saltelli A. (2007) Composite indicators between analysis and advocacy. *Social Indicators Research*, vol. 81, pp. 65–77. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-006-0024-9>
11. Turing A. M. (1937) On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, vol. s2-42, no. 1, pp. 230–265. DOI: <https://doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230>
12. Turing A. M. (1950) Computing machinery and intelligence. *Mind*, vol. 59, no. 236, pp. 433–460. DOI: <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
13. Good I. J. (1966) Speculations concerning the first ultraintelligent machine. *Advances in Computers*, vol. 6, pp. 31–88. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2458\(08\)60418-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2458(08)60418-0)
14. Bostrom N. (2014) *Superintelligence: Paths, dangers, strategies*. Oxford University Press.
15. OECD (2025) *Introducing the OECD AI capability indicators*. DOI: <https://doi.org/10.1787/be745f04-en>
16. OECD (2019) *Recommendation of the Council on Artificial Intelligence* (OECD/LEGAL/0449). Available at: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>
17. Koberniuk S. O. & Pomazan L. M. (2026) Архитектура інтелектуальних маркетингових систем: Від фрагментарних рішень до інтегрованих асистентів на базі штучного інтелекту [Architecture of intelligent marketing systems: From fragmented solutions to integrated artificial-intelligence assistants]. *Biznesinform*, no. 2, pp. 432–441. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-2-432-441>
18. Taranych A. V. & Pelekhatskyi D. O. (2024) Використання штучного інтелекту в процесах стратегічного управління підприємствами [Use of artificial intelligence in strategic management of enterprises]. *Економіка України*, vol. 67, no. 1(746), pp. 54–65. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2024.01.054>
19. Koberniuk S. O. (2026) Тсифровий портрет та персоналізація комунікації з сучасним споживачем [Digital portrait and personalisation of communication with the modern consumer]. In: *International Security Studies: Managerial, Technical, Legal, Environmental, Informational, Economic and Psychological Aspects: International Collective Monograph*, vol. II, pp. 106–142. Lublin. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19385630>
20. The National Museum of Computing (2026) *The Turing-Welchman bombe*. Available at: <https://www.tnmoc.org/bombe>

Дата надходження статті: 23.08.2026

Дата прийняття статті до публікації: 18.09.2026

Дата публікації статті: 02.10.2026