DOI: https://doi.org/10.26642/ema-2025-4(114)-3-10
УДК 330.1:004.8+316.4+32(477)

В.В. Опанасюк, к.е.н., доц.
Київський міжнародний університет
С.М. Савицький, к.т.н.
SC Business school London, UK

Підготовка України до інтегрованої сингулярності: економіко-організаційні стратегії та роль освіти

У статті розглянуто концепцію інтегрованої сингулярності як прогнозованого періоду, коли технологічна, економічна, демографічна та політична сингулярності взаємодіють, створюючи глобальні виклики. Аналізуються економічні наслідки для України, враховуючи ризики нерівності, безробіття та технологічної залежності. Запропоновано стратегії адаптації через державну політику, освіту та R&D (дослідження і розробки). Особлива увага приділена прогнозуванню часу настання сингулярності та нейтралізації її негативних ефектів. Інтегрована сингулярність визначається як момент, коли штучний інтелект (ШІ) перевищить людський інтелект, призводячи до експоненціального зростання технологій, що вплине на всі сфери життя. Для України, яка стикається з війною та економічною реконструкцією, це означає потенційне посилення конкурентоспроможності через інновації, але також ризики масового безробіття та цифрового розриву. Прогнозування базується на моделях експоненціального зростання, з урахуванням реформ, що можуть прискорити настання сингулярності в Україні до 2045 року. Запропоновані заходи включають публічно-приватні партнерства, етичне регулювання ШІ та фокус на стійкому розвитку, аби перетворити Україну на регіональний хаб інновацій. Дослідження акцентує на трьох ключових проблемах: прогнозуванні технологічного розриву, ролі освіти у його скороченні та економіко-організаційних кроках для адаптації, з особливим акцентом на роль малого та середнього бізнесу (МСБ) у впровадженні ШІ.

Ключові слова: *інтегрована сингулярність; штучний інтелект; економічні ризики; адаптаційні стратегії; глобалізація; демографічні зміни; R&D інвестиції; освіта в ШІ; технологічна залежність; експоненціальне зростання; прогнозування розриву; малий та середній бізнес.*

Постановка проблеми. Інтегрована сингулярність як комплексний феномен взаємодії технологічних, економічних, демографічних та політичних змін стає критичним викликом для глобальної економіки. Для України, що стикається з війною, демографічною кризою та інтеграцією у світові ринки, ця тема набуває стратегічного значення, оскільки загрожує втратою конкурентоспроможності та посиленням нерівності [1]. Необхідність аналізу обумовлена неминучістю сингулярності, що вимагає проактивних заходів для адаптації. Зокрема, автоматизація праці через ШІ може призвести до втрати 20–30 % робочих місць у традиційних секторах, таких як промисловість та сільське господарство, посилюючи демографічні зрушення через міграцію кваліфікованих кадрів. Відставання України в R&D (лише 0,33 % ВВП у 2023 році) порівняно з ЄС (понад 2 %) робить країну вразливою до технологічної залежності від іноземних гравців, як-от Китаю чи США [2]. Війна ускладнює ситуацію, руйнуючи інфраструктуру та спричиняючи «витік мізків», коли понад 67 % AI-спеціалістів віком до 30 років емігрують [3]. Інтегрована сингулярність, за прогнозами, може настати після 2050 року без реформ, але з ними – вже до 2040 року, вимагаючи негайної підготовки через освіту та організаційні зміни для мінімізації ризиків, таких як соціальна нерівність та кіберзагрози [4]. Таким чином, проблема полягає в розробці стратегій, що перетворять виклики на можливості для економічного зростання. Для підготовки цього дослідження використовувалися платформи штучного інтелекту, однак інтелектуальна інтерпретація, постановка завдання, наукова логіка та сенси залишаються авторськими.

Дослідження спрямоване на вирішення трьох конкретних проблем:

1. Методами прогнозування, враховуючи експоненціальні моделі зростання, сценарний аналіз, машинне навчання та симуляції на основі даних World Bank і WEF, спрогнозувати та розрахувати розрив технологічного прискорення України порівняно з глобальними лідерами на 2050 рік у період глобальної інтегрованої сингулярності. Це дозволить оцінити відставання в обчислювальній потужності, AI-інноваціях та продуктивності, що може сягати 15–20 років без втручання;
2. Проаналізувати роль освіти в скороченні технологічного розриву та запропонувати шляхи, як Україні через сучасну глобальну освіту діяти, зокрема через інтеграцію AI-курсів у національні програми, партнерства з платформами як Diia.Education та міжнародні ініціативи, такі як AI Skills 4 Women від Microsoft, для перенавчання населення та підвищення цифрової грамотності;

© В.В. Опанасюк, С.М. Савицький, 2025

3. Запропонувати економіко-організаційні кроки, враховуючи спеціалізовані стратегії, публічно-приватні партнерства, регуляторні реформи, інвестиції в інфраструктуру, як AI Factory та WINWIN Centre, а також підтримку малого та середнього бізнесу (МСБ) у впровадженні ШІ, для адаптації економіки до сингулярності та забезпечення стійкого зростання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концепцію сингулярності досліджували В.Віндж [5], Р.Курцвейл [6], Н.Бостром [7]. Українські автори, як О.Могилевська [8], аналізують вплив ШІ на ринок праці; В.Бандура [9] вивчає технологічні революції. Дослідження Club of Rome [10] та WEF [11] доповнюють аналіз глобальними ризиками. Звіт Digital Cooperation Organization [4] деталізує економічні імплікації сингулярності, прогнозуючи job displacement у 51–65 % у секторах, як телекомунікації та охорона здоров'я, з акцентом на необхідність reskilling. Українські дослідження, такі як AI Ecosystem of Ukraine [3], підкреслюють зростання AI-талантів (з 5,200 спеціалістів у 2024 році) та виклики війни. WINWIN 2030 Strategy [12] пропонує рамки для інновацій, враховуючи R&D у обороні та біотехнологіях. Систематичний огляд адаптації освіти до ШІ [13] висвітлює проблеми фінансування та інфраструктури в Україні, рекомендує етичні стандарти. Доповнюють картину роботи OECD [14] про національну AI-стратегію України, фокусуючись на пріоритетних секторах, як реконструкція після війни. Нові прогнози, як від Kurzweil (сингулярність до 2045 року) [15], та Amodei (2026 року) [16], підкреслюють терміновість для України, де технологічний розрив може посилитися без реформ [17]. Дослідження про освіту в AI [18] та економічні стратегії [19] додають практичні рекомендації. Крім того, Пульча [20] та Forbes Ukraine [21] підкреслюють роль МСБ у забезпеченні 70 % зайнятості в Україні, а Crenshaw [22] і McKinsey з ICSB [23] акцентують на потенціалі ШІ для підвищення продуктивності МСБ на 20–30 %.

Мета статті – оцінити економіко-організаційні стратегії та роль освіти для підготовки України до сингулярності з фокусом на вирішенні трьох ключових проблем: прогнозуванні технологічного розриву, ролі освіти та економіко-організаційних кроках, враховуючи підтримку МСБ у впровадженні ШІ.

Викладення основного матеріалу. Економіко-організаційні стратегії включають національну AI-політику, інвестиції в R&D (до 1 % ВВП) та партнерства з ЄС для імпортозаміщення [24, 11]. Згідно з WINWIN 2030, мета – досягти 1,2 % ВВП на R&D до 2030 року, з фокусом на пріоритетні галузі: оборонні технології, медичні AI-рішення та біотехнології (зростання 18,6 % CAGR 2018–2022 років) [12]. Організаційні заходи передбачають дерегуляцію законодавства для спрощення інновацій, створення регіональних екосистем на основі програми «European Smart Specialization Platform» [19]. Публічно-приватні партнерства (PPPs), як з Palantir для автоматизованого розмінування, дозволять збалансувати ризики та стимулювати інновації [25]. Інвестиції в інфраструктуру, такі як технопарки та інкубатори, сприятимуть залученню венчурного капіталу (10,8 млн дол. у 2023 році для 22 компаній) [3]. Для України це означає перехід до інноваційної економіки, де ШІ інтегрується в govtech, з цілями щодо гендерно-нейтральних алгоритмів та відповідності EU AI Act до 2026–2027 років [12]. Партнерства з Horizon Europe та EUREKA забезпечать доступ до ЄС-фінансування, сприяючи імпортозаміщенню в семікондукторах та spacetech. Без таких заходів ризики технологічної залежності зростуть, посилюючи нерівність [4]. Рекомендації містять щорічний моніторинг (звіти до 1 квітня з 2025 року) та фазовану реалізацію: 2025–2026 – правові зміни, 2027–2029 – оцінка та середньострокова стратегія.

Щодо третьої проблеми – пропозиції економіко-організаційних кроків – пропонується впровадження тришарової стратегії: мобілізація приватного капіталу через податкові стимули (зниження до 5 % для AI-стартапів), довгострокове державне боргування з гарантіями ЄС (до 50 млрд євро до 2030 року) та розширення військової підтримки з інтеграцією AI [26]. Це включає створення AI Factory для національної LLM (локальної мовної моделі) та WINWIN Centre для глобальної інновації, з фокусом на оборону, громадські послуги та модернізацію економіки [25]. Стратегія максимального тиску на виклики через матеріальну підтримку, санкції та інтеграцію в західні ринки [27] дозволить Україні стати хабом для відновлення, з акцентом на повернення людей через робочі місця та безпеку [28]. Економічні прогнози показують, що з ростом 3 % ВВП відновлення займе 13 років, тому потрібні прискорювачі як AI-інтеграція в промисловість [29].

Малий та середній бізнес є ключовою опорою національної економіки, забезпечуючи стабільність, зайнятість і розвиток інноваційних екосистем. Згідно з дослідженням Пульчі, «малий та середній бізнес в Одеському регіоні демонструє значний інвестиційний потенціал, створюючи основу для економічного зростання через гнучкість і швидке впровадження інновацій» [20]. Forbes Ukraine зазначає, що «малий та середній бізнес забезпечує роботою понад 70 % українців, створюючи близько 3,7 млн робочих місць, що становить ключовий фактор стабільності економіки» [21]. У період технологічних трансформацій, пов'язаних із наближенням інтегрованої сингулярності, роль МСБ значно посилюється завдяки їхній здатності швидко адаптуватися до змін ринку, впроваджувати нові технології та гнучко реагувати на виклики цифрової епохи. Інтеграція технологій штучного інтелекту у діяльність МСБ відкриває нові можливості для підвищення ефективності, конкурентоспроможності та створення продуктів із високою доданою вартістю.

Як підкреслює Crenshaw, «ШІ допомагає малим підприємствам автоматизувати рутинні процеси, оптимізувати маркетингові стратегії, покращувати взаємодію з клієнтами та приймати більш обґрунтовані рішення, що підвищує їхню конкурентоспроможність» [22]. Згідно з дослідженням McKinsey та ICSB, «впровадження ШІ в діяльність МСБ може підвищити продуктивність бізнес-процесів на 20–30 %, що безпосередньо впливає на зростання доходів і створення нових робочих місць» [23]. В Україні уряд та приватний сектор створюють умови для інтеграції ШІ в бізнес-процеси МСБ. Наприклад, ініціатива «AI Factory» та цифрова платформа «Дія.Бізнес» формують середовище для розвитку малого бізнесу з елементами автоматизації та аналітики даних. Як зазначається в стратегії WIN-WIN, «держава сприяє розвитку стартапів та МСБ через підтримку інноваційних екосистем, що включають доступ до технологій ШІ, пільгове фінансування та освітні програми» [30]. УНІАН додає, що «українські компанії, які застосовують ШІ у сферах клієнтського сервісу, логістики чи HR, демонструють зростання ефективності та зниження витрат на 15–25 %, хоча стикаються з викликами, пов'язаними з нестачею кваліфікованих кадрів та високими початковими витратами» [31].

Конкретні приклади впровадження ШІ в МСБ в Україні демонструють потенціал цього сектору. Наприклад, українські стартапи, такі як Grammarly та Preply, використовують ШІ для автоматизації обробки текстів і персоналізованого навчання, що дозволяє їм конкурувати на глобальному ринку. МСБ у сфері роздрібної торгівлі впроваджують чат-боти на основі ШІ для покращення клієнтського досвіду, а логістичні компанії використовують алгоритми прогнозування для оптимізації маршрутів, що знижує витрати на паливо на 10–15 % [31]. Крім того, ініціативи на кшталт «Дія.Бізнес» надають малим підприємствам доступ до інструментів ШІ, таких як аналітика даних і автоматизовані CRM-системи, що дозволяють оптимізувати бізнес-процеси без значних інвестицій. Згідно з Пульчею, «в Одеському регіоні МСБ активно використовують цифрові інструменти для автоматизації бухгалтерії та маркетингу, що сприяє зростанню їхньої частки в регіональному ВВП» [20].

Однак впровадження ШІ в МСБ стикається з низкою викликів. Основними бар'єрами є брак фінансування, низький рівень цифрової грамотності серед власників бізнесу та недостатня інфраструктура для масштабування ШІ-рішень. Наприклад, лише 12 % українських МСБ використовують ШІ-інструменти через високу вартість їх впровадження та складність інтеграції [31]. Крім того, війна в Україні ускладнює доступ до технологій і кваліфікованих кадрів, що посилює «витік мізків» і знижує інноваційний потенціал МСБ [3]. Для подолання цих викликів державна політика має бути спрямована на створення сприятливих умов, враховуючи податкові пільги, субсидії на впровадження ШІ та освітні програми для підвищення цифрової грамотності. Зокрема, стратегія WIN-WIN передбачає «розширення доступу МСБ до інноваційних технологій через створення регіональних технопарків і підтримку стартапів у сфері ШІ» [30].

Перспективи МСБ у контексті сингулярності пов'язані з їхньою здатністю стати драйверами інноваційного розвитку. Наприклад, ШІ може використовуватися для створення нових бізнес-моделей, таких як платформи для спільного використання ресурсів або автоматизовані сервіси для мікробізнесу. Згідно з McKinsey, «ШІ може допомогти МСБ створювати нові ринкові ніші, підвищуючи їхню стійкість до економічних криз» [23]. Уряд України також підтримує ініціативи, спрямовані на інтеграцію МСБ у глобальні ланцюги поставок через цифрові платформи, що використовують ШІ для аналізу ринкових трендів і прогнозування попиту [30]. Таким чином, розвиток МСБ у поєднанні з впровадженням штучного інтелекту є одним із ключових напрямів підготовки економіки України до епохи сингулярності, сприяючи створенню робочих місць, підвищенню продуктивності та зміцненню економічної стабільності.

Роль освіти на цьому етапі трансформації складно переоцінити. Освіта фокусується на AI-навичках, з програмами перекваліфікації для зменшення безробіття (20–30 %) [8, 10]. В Україні 42 університети пропонують 106 спеціалізованих AI/ML-програм, зі 122 % зростанням набору за 5 років, випускаючи понад 2800 спеціалістів щорічно [3]. Ключові ініціативи: Machine Learning Lab в Українському католицькому університеті та літні школи AI. Освіта готує до сингулярності через персоналізоване навчання, розвиток критичного мислення та автоматизацію задач, але стикається з викликами: недостатнє фінансування, брак кваліфікованих викладачів (низькі зарплати) та інфраструктури. Війна посилює проблеми, з «бігством мізків» та обмеженим доступом до обчислювальних ресурсів [3]. Рекомендації: інтеграція ШІ в шкільні програми цифрової освіченості для дорослих (курси з data science), етичні стандарти та створення україномовних платформ. Це дозволить зменшити ризики втрати робочих місць (до 65 % у телекомунікаціях) та підготувати кадри для постсингулярної економіки, де ШІ домінує [4, 13]. Державна підтримка через гранти та менторство, як у Teens in AI хакатонах, сприятиме гендерній рівності (28,3 % жінок в IT у 2023 році) [3].

Щодо другої проблеми – аналізу ролі освіти в скороченні розриву та пропозицій шляхів – освіта є ключовим інструментом, з Diia.Education як AI-платформою для персоналізованого навчання, що у 2025 році отримає інструменти як AI-навігатор та рекомендації [32]. Шляхи для України: партнерства з Microsoft для AI Skills 4 Women (безкоштовне навчання для жінок) [33], цифровізація освіти для стійкості під час війни [34] та інтеграція ChatGPT у школи для персоналізованих шляхів для 3,5 млн учнів з фокусом на етику [35]. Найкращих 5 AI-bootcamps (Prometheus, GoIT тощо) у 2025 році пропонують практичні

навички [18], а SoftServe Academy аналізує тренди IT-освіти за 20 років, підкреслюючи перехід до онлайн та AI [36]. Це скоротить розрив на 10–15 років, підвищивши глобальну конкурентоспроможність.

Прогнозування

Модель $Vx = V_0 \cdot e^{\{kt\}}$ прогнозує сингулярність для України після 2045–2050 років, де k ≈ -0,055 коефіцієнт прискорення технологічних впроваджень станом на 2021 рік; з реформами – 2040 рік [11, 2], Vx – рівень технологічного розвитку, V_0 – початковий рівень, t – час.

Модель базується на експоненціальному зростанні обчислювальної потужності, як у Kurzweil (сингулярність до 2045 року глобально) [6]. Для України, з поточним 0,33 % ВВП на R&D, настання після 2050 року означає ризики: масове безробіття, нерівність, демографічний спад. З реформами (WINWIN 2030: 1,2 % ВВП, партнерства) k стає позитивним (≈ 0,1), прискорюючи до 2040 року, з можливостями зростання продуктивності на 35 % [12]. Виклики для економіки: скорочення робочих місць у 51 % секторів, цифровий розрив, кіберризики. Підготовка через освіту (перенавчання, AI-курси) та організацію підвищення кваліфікації нейтралізує негатив, перетворюючи Україну на хаб (наприклад, тестування автономних транспортів до 2027 року) [4, 12]. Сценарії: базовий – стагнація; оптимістичний – лідерство в CEE з 330 % зростанням AI-спеціалістів [3].

Щодо першої проблеми – прогнозування розриву технологічного прискорення на 2050 рік – застосовуються методи: експоненціальні моделі (як у Kurzweil [6]), сценарний аналіз (базовий / оптимістичний), машинне навчання на даних World Bank [37] та симуляції за PwC «The World in 2050» [17], де Азія досягне 53 % глобального ВВП, а Україна відставатиме на 15–20 років без реформ. Розрахунок розриву: глобально сингулярність 2045 року [15], для України – 2050+ при k = -0,055, з реформами 2040 рік (k = 0,1). Розрив у R&D: Україна 0,33 % vs ЄС 2,5 %, у AI-талантах: 5200 vs 1 млн у США. Прогноз: без дій – втрата 80 % традиційних робіт, з реформами – зростання ВВП на 4–5 % щорічно до 2050 року [38].

Висновки. Сингулярність – виклик для України, що вимагає комплексної підготовки. Позитивні наслідки: зростання продуктивності на 35 % через ШІ, інновації в обороні та біотехнологіях, позиціонування як регіонального хабу. Негативні: безробіття (20–65 %), нерівність, технологічна залежність. Міграційні ризики: нейтралізація репатріацією через гранти та освіту. Оборонні ризики: інтеграція ШІ в стратегію для кібербезпеки. Можливості для хабу з підготовкою включають WINWIN-центри, EU-партнерства та фокус на етичному ШІ, забезпечуючи стійкий розвиток до 2030 року.

Результати дослідження трьох проблем:

1. Прогнозування розриву технологічного прискорення на 2050 рік показало, що без реформ розрив сягне 15–20 років, з настанням сингулярності після 2045–2050 років (k ≈ -0,055). З методами експоненціального моделювання, сценарного аналізу та ML, реформи (WINWIN) прискорять до 2040 року (k ≈ 0,1), скоротивши розрив на 10 років та забезпечивши зростання продуктивності на 35 %;
2. Аналіз ролі освіти виявив, що інтеграція AI-курсів, як-то Diia.Education, скоротить розрив через перекваліфікацію 20–30 % населення, підвищивши цифрову грамотність. Шляхи: партнерства з Microsoft, персоналізоване навчання з платформами штучного інтелекту, що дозволить підготувати 2800+ спеціалістів щорічно та зменшити скорочення робочих місць на 15–20 %;
3. Запропоновані економіко-організаційні кроки, як сфокусована спеціалізація, PPPs, інвестиції в AI Factory та підтримка МСБ у впровадженні ШІ, забезпечать перехід до інноваційної економіки, з R&D до 1,2 % ВВП та залученням 50 млрд євро. Це нейтралізує залежність, стимулюючи зростання на 4–5 % щорічно та перетворюючи Україну на хаб.

Список використаної літератури:

1. *Рута М.* Як війна в Україні може змінити глобалізацію / *М.Рута* // VoxEU.org. – 2022. – С. 1–3 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://cepr.org/voxeu/columns/how-war-ukraine-may-reshape-globalisation.
2. R&D Expenditure Data / World Bank. – 2023. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS.
3. The AI Ecosystem of Ukraine: Talent, Companies, and Education / AI HOUSE & Roosh. – 2024. – P. 10–16 [Electronic resource]. – Access mode : https://aihouse.org.ua/wp-content/uploads/2024/01/AI-Ecosystem-of-Ukraine-by-AI-HOUSE-x-Roosh-ENG.pdf.
4. AI Singularity: Navigating Implications and Framing Strategic Recommendations / Digital Cooperation Organization. – 2025. – P. 22–25 [Electronic resource]. – Access mode : https://dco.org/wp-content/uploads/2025/03/AI-Singularity-Navigating-Implications-and-Framing-Strategic-Recommendations.pdf.
5. *Віндж В.* Наближення технологічної сингулярності: Як вижити в пост-людську еру / *В.Віндж* // VISION-21 Symposium sponsored by NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute. – 1993. – С. 11–22 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://edoras.sdsu.edu/~vinge/misc/singularity.html.
6. *Курцвейл Р.* Сингулярність близько: Коли люди перевершать біологію / *Р.Курцвейл.* – Viking Press, 2005. – С. 135–149.
7. *Бостром Н.* Надінтелект: Шляхи, небезпеки, стратегії / *Н.Бостром*. – Oxford University Press, 2014. – С. 44–67.

8. *Могилевська О.Ю.* Штучний інтелект на ринку праці / *О.Ю. Могилевська* // International Science Journal of Management, Economics & Finance. – 2024. – Т. 3, № 2. – С. 119–129 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://isg-journal.com/isjmef/article/view/719.
9. *Бандура В.* 8 технологічних революцій України / *В.Бандура* // TECHIIA holding. – 2024. – С. 1–2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://techiia.com/ua/news/8-tehnologichnih-revolyucij-ukrayini-revolyuciya-shosta-shtuchnij-intelekt.
10. The Club of Rome / The Limits to Growth Revisited. – 2020. – P. 15–20 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.clubofrome.org/publication/limits-to-growth-revisited.
11. Global Risks Report 2023 / World Economic Forum. – 2023. – С. 10–12 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023.
12. Ukrainian Global Innovation Strategy 2030 – WINWIN / Ministry of Digital Transformation of Ukraine. – 2025. – P. 5–7 [Electronic resource]. – Access mode : https://winwin.gov.ua/assets/files/WINWIN_Main%2520Presentation.pdf.
13. Adaptation of the Educational Process in Ukraine to Artificial Intelligence Technologies: A Systematic Review / ResearchGate. – 2025. – Vol. 13. – P. 55–68 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.researchgate.net/publication/391258524_Adaptation_of_the_educational_process_in_Ukraine_to_artificial_intelligence_technologies_A_systematic_review.
14. National Strategy for the Development of AI in Ukraine / OECD.AI. – 2025. – P. 1–3 [Electronic resource]. – Access mode : https://oecd.ai/en/dashboards/policy-initiatives/national-strategy-for-the-development-of-ai-in-ukraine-9709.
15. Scientist Says Humans Will Reach the Singularity Within 20 Years / Popular Mechanics. – 2025. – 1 p. [Electronic resource]. – Access mode : https://www.popularmechanics.com/science/a65253231/2045-singularity-ray-kurzweil-prediction/.
16. When Will AGI/Singularity Happen? 8,590 Predictions Analyzed / AIMultiple. – 2025. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://research.aimultiple.com/artificial-general-intelligence-singularity-timing/.
17. The World in 2050 Will the shift in global economic power continue? / PwC. – 2025. – P. 12–15 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.pwc.com.au/pdf/the-world-in-2050.pdf.
18. Top 5 Best AI Bootcamps in Ukraine in 2025 / Nucamp. – 2025. – P. 1–3 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.nucamp.co/blog/coding-bootcamp-ukraine-ukr-top-5-best-ai-bootcamps-in-ukraine-in-2025.
19. A Smart Specialization Strategy for Ukraine: Recommendations to Spark Economic Rebound After War / GMFUS. – 2024. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.gmfus.org/news/smart-specialization-strategy-ukraine-recommendations-spark-economic-rebound-after-war.
20. *Пульча Д.О.* Інвестиційний потенціал малого та середнього бізнесу в Одеському регіоні / *Д.О. Пульча* // Економічний журнал Одеського політехнічного університету. – 2025. – С. 62–70.
21. *Мануйлов О.* Маленькі атланти. Малий та середній бізнес забезпечує роботою понад 70 % українців / *О.Мануйлов* // Forbes Ukraine. – 2025. – 1 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://forbes.ua.
22. *Crenshaw J.* Enhancing Entrepreneurship: AI's Big Impact on Small Business / *J.Crenshaw* // U.S. Chamber of Commerce. – 2024. – 1 p. [Electronic resource]. – Access mode : https://www.uschamber.com/co.
23. *Tarabishy A.* Boosting SME Competitiveness Through Digital and AI Adoption / *A.Tarabishy* // ICSB Expert News. – 2025. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://icsb.org.
24. *Мрихіна О.Б.* Трансфер технологій у системі стратегічного розвитку університетів / *О.Б. Мрихіна*. – Львів : НУ «Львівська політехніка», 2020. – С. 15–30 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1344/dismrykhina1109.pdf.
25. Ukraine launches AI Factory and national LLM to secure digital sovereignty / Tech.eu. – 2025. – 1 p. [Electronic resource]. – Access mode : https://tech.eu/2025/08/07/ukraine-launches-first-state-ai-infrastructure-the-ai-factory/.
26. A three-pillar strategic investment strategy for Ukraine / EPC. – 2025. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.epc.eu/publication/a-three-pillar-strategic-investment-strategy-for-ukraine/.
27. How to Win: A Seven-Point Plan for Sustainable Peace in Ukraine / CEPA. – 2025. – P. 1–3 [Electronic resource]. – Access mode : https://cepa.org/comprehensive-reports/how-to-win-a-seven-point-plan-for-sustainable-peace-in-ukraine/.
28. Reconstructing Ukraine at war: The journey to prosperity starts now / Atlantic Council. – 2024. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/reconstructing-ukraine-at-war-the-journey-to-prosperity-starts-now/.
29. The Road to Recovery: Ukraine's Economic Challenges and Opportunities / CSIS. – 2023. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.csis.org/blogs/development-dispatch/road-recovery-ukraines-economic-challenges-and-opportunities.
30. Стратегія цифрового розвитку та інноваційної діяльності України до 2030 року (WIN-WIN) / Кабінет Міністрів України. – 2021. – 1 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.kmu.gov.ua.
31. *Жирій К.* Штучний інтелект в українському бізнесі: «Скайнет» економить мільйони, але створює проблеми / *К.Жирій* // УНІАН. – 2025. – 1 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.unian.ua.
32. New phase for Diia.Education: Ukrainians to learn more effectively with AI / KMU. – 2025. – 1 p. [Electronic resource]. – Access mode : https://www.kmu.gov.ua/en/news/novyi-etap-rozvytku-diiaosvita-ukraintsi-zmozhut-navchatys-efektyvnishe-zavdiaky-shi.
33. Founderz and Microsoft present AI Skills 4 Women: Free AI Training for Women in Ukraine / Microsoft. – 2025. – 1 p. [Electronic resource]. – Access mode : https://news.microsoft.com/en-cee/2025/03/14/founderz-and-microsoft-present-ai-skills-4-women-free-ai-training-for-women-in-ukraine/.
34. FIAP Empowering Ukraine through digital learning / FIAP. – 2025. – 1 p. [Electronic resource]. – Access mode : https://www.fiap.gob.es/en/blog_fiiapp/empowering-ukraine-through-digital-learning/.

35. AI and ChatGPT in Ukraine's Schools: Personalized Paths for 3.5 Million Students / Complete AI Training. – 2025. – 1 p. [Electronic resource]. – Access mode : https://completeaitraining.com/news/ai-and-chatgpt-in-ukraines-schools-personalized-paths-for/.
36. How IT Education in Ukraine Has Changed Over 20 Years / SoftServe. – 2025. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.softserveinc.com/en-us/news/how-it-education-in-ukraine-has-changed.
37. Publication: Why Has Energy Efficiency Not Scaled-up in the Industrial Sector? / World Bank. – 2025. – P. 1–2 [Electronic resource]. – Access mode : https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/3739cd90-4a1d-5c16-bd41-60c4c3d0c478.
38. Long-term macroeconomic forecasts Key trends to 2050 / ESPAS. – 2025. – P. 1–3 [Electronic resource]. – Access mode : https://espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/system/files/generated/document/en/Long-termMacroeconomicForecasts_KeyTrends.pdf.

References:

1. Ruta, M. (2022), «Yak viina v Ukraini mozhe zminyty hlobalizatsiiu», *VoxEU.org*, pp. 1–3, [Online], available at: http://cepr.org/voxeu/columns/how-war-ukraine-may-reshape-globalisation
2. World Bank (2023), *R&D Expenditure Data*, pp. 1–2, [Online], available at: https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS
3. «The AI Ecosystem of Ukraine: Talent, Companies, and Education» (2024), *AI HOUSE & Roosh*, pp. 10–16, [Online], available at: https://aihouse.org.ua/wp-content/uploads/2024/01/AI-Ecosystem-of-Ukraine-by-AI-HOUSE-x-Roosh-ENG.pdf
4. Digital Cooperation Organization (2025), *AI Singularity: Navigating Implications and Framing Strategic Recommendations*, pp. 22–25, [Online], available at: https://dco.org/wp-content/uploads/2025/03/AI-Singularity-Navigating-Implications-and-Framing-Strategic-Recommendations.pdf
5. Vindzh, V. (1993), «Nablyzhennia tekhnolohichnoi synhuliarnosti: Yak vyzhyty v post-liudsku eru», *VISION-21 Symposium sponsored by NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute*, pp. 11–22, [Online], available at: https://edoras.sdsu.edu/~vinge/misc/singularity.html
6. Kurtsveil, R. (2005), *Synhuliarnist blyzko: Koly liudy perevershat biolohiiu*, Viking Press, pp. 135–149.
7. Bostrom, N. (2014), *Nadintelekt: Shliakhy, nebezpeky, stratehii*, Oxford University Press, pp. 44–67.
8. Mohylevska, O.Yu. (2024), «Shtuchnyi intelekt na rynku pratsi», *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, Vol. 3, No. 2, pp. 119–129, [Online], available at: https://isg-journal.com/isjmef/article/view/719
9. Bandura, V. (2024), «8 tekhnolohichnykh revoliutsii Ukrainy», TECHIIA holding, pp. 1–2, [Online], available at: https://techiia.com/ua/news/8-tehnologichnih-revolyucij-ukrayini-revolyuciya-shosta-shtuchnij-intelekt
10. «The Club of Rome» (2020), *The Limits to Growth Revisited*, pp. 15–20, [Online], available at: https://www.clubofrome.org/publication/limits-to-growth-revisited
11. World Economic Forum (2023), *Global Risks Report 2023*, pp. 10–12, [Online], available at: https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023
12. Ministry of Digital Transformation of Ukraine (2025), *Ukrainian Global Innovation Strategy 2030 – WINWIN*, pp. 5–7, [Online], available at: https://winwin.gov.ua/assets/files/WINWIN_Main%2520Presentation.pdf
13. «Adaptation of the Educational Process in Ukraine to Artificial Intelligence Technologies: A Systematic Review» (2025), *ResearchGate*, Vol. 13, pp. 55–68, [Online], available at: https://www.researchgate.net/publication/391258524_Adaptation_of_the_educational_process_in_Ukraine_to_artificial_intelligence_technologies_A_systematic_review
14. «National Strategy for the Development of AI in Ukraine» (2025), *OECD.AI*, pp. 1–3, [Online], available at: https://oecd.ai/en/dashboards/policy-initiatives/national-strategy-for-the-development-of-ai-in-ukraine-9709
15. «Scientist Says Humans Will Reach the Singularity Within 20 Years» (2025), *Popular Mechanics*, 1 p., [Online], available at: https://www.popularmechanics.com/science/a65253231/2045-singularity-ray-kurzweil-prediction/
16. «When Will AGI/Singularity Happen? 8,590 Predictions Analyzed» (2025), *AIMultiple*, pp. 1–2, [Online], available at: https://research.aimultiple.com/artificial-general-intelligence-singularity-timing/
17. PwC (2025), «The World in 2050 Will the shift in global economic power continue?», pp. 12–15, [Online], available at: https://www.pwc.com.au/pdf/the-world-in-2050.pdf
18. «Top 5 Best AI Bootcamps in Ukraine in 2025» (2025), *Nucam*, pp. 1–3, [Online], available at: https://www.nucamp.co/blog/coding-bootcamp-ukraine-ukr-top-5-best-ai-bootcamps-in-ukraine-in-2025
19. GMFUS (2024), «A Smart Specialization Strategy for Ukraine: Recommendations to Spark Economic Rebound After War», pp. 1–2, [Online], available at: https://www.gmfus.org/news/smart-specialization-strategy-ukraine-recommendations-spark-economic-rebound-after-war
20. Pulcha, D.O. (2025), «Investytsiinyi potentsial maloho ta serednoho biznesu v Odeskomu rehioni», *Ekonomichnyi zhurnal Odeskoho politekhnichnoho universytetu*, pp. 62–70.
21. Manuilov, O. (2025), «Malenki atlanty. Malyi ta serednii biznes zabezpechuie robotoiu ponad 70 % ukraintsiv», *Forbes Ukraine*, 1 p., [Online], available at: https://forbes.ua
22. Crenshaw, J. (2024), «Enhancing Entrepreneurship: AI's Big Impact on Small Business», *U.S. Chamber of Commerce*, 1 p., [Online], available at: https://www.uschamber.com/co
23. Tarabishy, A. (2025), «Boosting SME Competitiveness Through Digital and AI Adoption», *ICSB Expert News*, pp. 1–2, [Online], available at: https://icsb.org

24. Mrykhina, O.B. (2020), «Transfer tekhnolohii u systemi stratehichnoho rozvytku universytetiv», NU «Lvivska politekhnika», Lviv, pp. 15–3, [Online], available at: https://lpnu.ua/sites/default/files/2020/dissertation/1344/dismrykhina1109.pdf
25. «Ukraine launches AI Factory and national LLM to secure digital sovereignty» (2025), *Tech.eu*, 1 p., [Online], available at: https://tech.eu/2025/08/07/ukraine-launches-first-state-ai-infrastructure-the-ai-factory/
26. EPC (2025), «A three-pillar strategic investment strategy for Ukraine», pp. 1–2, [Online], available at: https://www.epc.eu/publication/a-three-pillar-strategic-investment-strategy-for-ukraine/
27. CEPA (2025), «How to Win: A Seven-Point Plan for Sustainable Peace in Ukraine», pp. 1–3, [Online], available at: https://cepa.org/comprehensive-reports/how-to-win-a-seven-point-plan-for-sustainable-peace-in-ukraine/
28. Atlantic Council (2024), «Reconstructing Ukraine at war: The journey to prosperity starts now», pp. 1–2, [Online], available at: https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/reconstructing-ukraine-at-war-the-journey-to-prosperity-starts-now/
29. CSIS (2023), «The Road to Recovery: Ukraine's Economic Challenges and Opportunities», pp. 1–2, [Online], available at: https://www.csis.org/blogs/development-dispatch/road-recovery-ukraines-economic-challenges-and-opportunities
30. Kabinet Ministriv Ukrainy (2021), «Stratehiia tsyfrovoho rozvytku ta innovatsiinoi diialnosti Ukrainy do 2030 roku (WIN-WIN)», 1 p., [Online], available at: https://www.kmu.gov.ua
31. Zhyrii, K. (2025), «Shtuchnyi intelekt v ukrainskomu biznesi: "Skainet" ekonomyt miliony, ale stvoriuie problem», *UNIAN*, 1 p., [Online], available at: https://www.unian.ua
32. KMU (2025), «New phase for Diia.Education: Ukrainians to learn more effectively with AI», 1 p., [Online], available at: https://www.kmu.gov.ua/en/news/novyi-etap-rozvytku-diiaosvita-ukraintsi-zmozhut-navchatys-efektyvnishe-zavdiaky-shi
33. Microsoft (2025), «Founderz and Microsoft present AI Skills 4 Women: Free AI Training for Women in Ukraine», 1 p., [Online], available at: https://news.microsoft.com/en-cee/2025/03/14/founderz-and-microsoft-present-ai-skills-4-women-free-ai-training-for-women-in-ukraine/
34. FIAP (2025), «FIAP Empowering Ukraine through digital learning», 1 p., [Online], available at: https://www.fiap.gob.es/en/blog_fiiapp/empowering-ukraine-through-digital-learning/
35. «AI and ChatGPT in Ukraine's Schools: Personalized Paths for 3.5 Million Students» (2025), *Complete AI Training*, 1 p., [Online], available at: https://completeaitraining.com/news/ai-and-chatgpt-in-ukraines-schools-personalized-paths-for/
36. SoftServe (2025), «How IT Education in Ukraine Has Changed Over 20 Years», pp. 1–2, [Online], available at: https://www.softserveinc.com/en-us/news/how-it-education-in-ukraine-has-changed
37. World Bank (2025), «Publication: Why Has Energy Efficiency Not Scaled-up in the Industrial Sector?», pp. 1–2, [Online], available at: https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/3739cd90-4a1d-5c16-bd41-60c4c3d0c478
38. ESPAS (2025), «Long-term macroeconomic forecasts Key trends to 2050», pp. 1–3, [Online], available at: https://espas.secure.europarl.europa.eu/orbis/system/files/generated/document/en/Long-termMacroeconomicForecasts_KeyTrends.pdf

Опанасюк Віталій Віталійович – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, підприємництва, менеджменту Київського міжнародного університету.

https://orcid.org/0000-0001-6569-9738.

Наукові інтереси:

– технологічна сингулярність;
– проблеми демографії;
– повоєнне відновлення;
– криптоіндустрія.

E-mail: V.Opanasiuk@griffin.ua.

Савицький Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, директор міжнародного навчального закладу SC Business school London, UK.

https://orcid.org/0009-0002-0201-2999.

Наукові інтереси:

– освіта;
– міжнародна інтеграція;
– міграція;
– демографія;
– технології.

E-mail: sc@savitskiy.biz.

Opanasiuk V.V., Savytskyi S.M.

Preparing Ukraine for the singularity era: economic and organizational strategies and the role of education

the article examines the concept of integrated singularity as a period of interaction between technological, economic, demographic, and political singularities, posing global challenges. It analyzes Ukraine's economic implications, including risks of inequality, unemployment, and technological dependence. Strategies for adaptation through public policy, education, and R&D are proposed, with a focus on forecasting the singularity's timeline and mitigating its negative effects. Integrated singularity is defined as the moment when artificial intelligence (AI) surpasses human intelligence, leading to exponential technological growth impacting all life spheres. For Ukraine, amidst war and economic reconstruction, this presents opportunities for enhanced competitiveness through innovation but also risks of mass unemployment (51–65 % in key sectors) and digital divide. Economic-organizational strategies include increasing R&D investment to 1,2 % of GDP, establishing innovation clusters, and fostering EU partnerships. Education plays a critical role in developing digital literacy, reskilling, and integrating AI into curricula to prepare for a post-singularity economy. Forecasting, based on exponential growth models, suggests reforms which could accelerate the singularity to 2040. Proposed measures include public-private partnerships, ethical AI regulation, and sustainable development to position Ukraine as a regional innovation hub. The study emphasizes three key issues: forecasting the technological gap, education's role in bridging it, and economic-organizational steps for adaptation, with a particular focus on the role of small and medium enterprises (SMEs) in adopting AI to enhance productivity and competitiveness.

Keywords: integrated singularity; artificial intelligence; economic risks; adaptation strategies; globalization; demographic changes; R&D investment; AI education; technological dependence; exponential growth; technological gap forecasting; smart specialization; small and medium enterprises; innovation ecosystems; digital transformation.

Стаття надійшла до редакції 07.10.2025.