

ISSN 2522-9303 (Print)  
ISSN 2522-9478 (Online)

# ЕКОНОМІКА УКРАЇНИ

---

ECONOMY  
OF UKRAINE

2025 11  
(768)

**Ідентифікатор медіа R30-02924**

<https://doi.org/10.15407/economyukr>

**Головний редактор:** ГЕЄЦЬ В.М. (д.е.н., проф., академік НАН України)

**Заступник головного редактора:** КОРНІЄНКО І.В.

**Редакційна колегія:** АНТОНЮК Л.Л. (д.е.н., проф.), БАЖАЛ Ю.М. (д.е.н., проф.), БАЖЕНОВА О.В. (д.е.н., проф.), БИСТРЯКОВ І.К. (д.е.н., проф.), БОРОДІНА О.М. (д.е.н., проф., академік НАН України), ДАНИЛИШИН Б.М. (д.е.н., проф., академік НАН України), ЄГОРОВ І.Ю. (д.е.н., проф., член-кор. НАН України), ЄФІМЕНКО Т.І. (д.е.н., проф., академік НАН України), ЗАЛОЗНОВА Ю.С. (д.е.н., проф., член-кор. НАН України), ЗАЯЦЬ Т.А. (д.е.н., проф.), ЗВЕРЯКОВ М.І. (д.е.н., проф., член-кор. НАН України), ЗИМОВЕЦЬ В.В. (д.е.н.), ЗЛУПКО Т.С. (PhD, США), ІГНАТЮК А.І. (д.е.н., проф.), КОРАБЛІН С.О. (д.е.н., член-кор. НАН України), КРАВЦІВ В.С. (д.е.н., проф.), КРИСОВАТИЙ А.І. (д.е.н., проф.), КУДРЯШОВ В.П. (д.е.н., проф.), ЛУНІНА І.О. (д.е.н., проф., член-кор. НАН України), ЛУПЕНКО Ю.О. (д.е.н., проф., академік НААН України), МАЗАРАКІ А.А. (д.е.н., проф., академік НАПН України), МОЛДАВАН Л.В. (д.е.н., проф.), НЕДЗЬОЛКА П. (проф., Польща), НИКИФОРУК О.І. (д.е.н.), ОСАУЛЕНКО О.Г. (проф., д.н. з держуправління, академік НАН України), ОСТАШКО Т.О. (д.е.н., член-кор. НААН України), ПРУС П. (д-р с/г наук, Польща), РАДОШЕВІЧ С. (проф. економіки, Велика Британія), СІДЕНКО В.Р. (д.е.н., член-кор. НАН України), СКРИПНИЧЕНКО М.І. (д.е.н., проф., член-кор. НАН України), ТАРАСЕВИЧ В.М. (д.е.н., проф., член-кор. НАН України), УСТИМЕНКО В.А. (д.ю.н., проф., член-кор. НАН України, член-кор. НАПрН України), ХВЕСИК М.А. (д.е.н., проф., академік НААН України), ЧІОБАНУ Г. (доц., д-р економіки, Румунія), ШУМСЬКА С.С. (д.е.н.).

**Editor-in-Chief:** VALERIY HEYETS (Doctor of Econ. Sci., Professor, Academician of the NAS of Ukraine).

**Deputy Editor-in-Chief:** IRYNA KORNIIENKO.

**Editorial Board:** ANTONIUK L. (Doctor of Econ. Sci., Professor), BAZHAL Yu. (Doctor of Econ. Sci., Professor), BAZHENOVA O. (Doctor of Econ. Sci., Professor), BYSTRYAKOV I. (Doctor of Econ. Sci., Professor), BORODINA O. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Academician of the NAS of Ukraine), DANYLYSHYN B. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Academician of the NAS of Ukraine), YEGOROV I. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAS of Ukraine), IEFYMENKO T. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Academician of the NAS of Ukraine), ZALOZNOVA Yu. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAS of Ukraine), ZAIATS T. (Doctor of Econ. Sci., Professor), ZVERYAKOV M. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAS of Ukraine), ZYMOVETS V. (Doctor of Econ. Sci.), ZLUPKO T. (PhD, USA), IGNATYUK A. (Doctor of Econ. Sci., Professor), KORABLIN S. (Doctor of Econ. Sci., Corresponding Member of the NAS of Ukraine), KRAVTSIV V. (Doctor of Econ. Sci., Professor), KRYSOVATYY A. (Doctor of Econ. Sci., Professor), KUDRYASHOV V. (Doctor of Econ. Sci., Professor), LUNINA I. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAS of Ukraine), LUPENKO Yu. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine), MAZARAKI A. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Academician of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine), MOLDAVAN L. (Doctor of Econ. Sci., Professor), NIEDZIÓŁKA P. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Poland), NYKYFORUK O. (Doctor of Econ. Sci.), OSAULENKO O. (Doctor of Science in Public Administration, Professor, Academician of the NAS of Ukraine), OSTASHKO T. (Doctor of Econ. Sci., Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine), PRUS P. (Doctor of Agri. Sci., Poland), RADOSEVIC S. (Professor, PhD, Great Britain), SIDENKO V. (Doctor of Econ. Sci., Corresponding Member of the NAS of Ukraine), SKRYPNYCHENKO M. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAS of Ukraine), TARASEVYCH V. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAS of Ukraine), USTYMENKO V. (Doctor of Jurid. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Corresponding Member of the National Academy of Legal Sciences of Ukraine), KHVESYK M. (Doctor of Econ. Sci., Professor, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine), CIOBANU G. (Associate professor, Doctor of Economics, Romania), SHUMSKA S. (Doctor of Econ. Sci.).

**Media ID R30-02924**

**Журнал входить до Переліку наукових фахових видань України з економічних наук (наказ МОН України від 02.07.2020 р. № 886, спеціальності: 051, 071, 072, 073, 281, 292)**

## ЗМІСТ

### НАУКОВІ ДИСКУСІЇ

- ЗВЕРЯКОВ М.І. Формування моделі повоєнного економічного розвитку на основі відтворювального підходу ..... 3
- ШАРОВ О.М. Відносини власності та їх трансформація в сучасних умовах (лист до редакції) ..... 23

### ЕКОНОМІКА В УМОВАХ СУЧАСНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

- КАРАСЬ О.С. Формування Єдиного цифрового ринку ЄС: правові та економічні аспекти ..... 29

### ЕКОНОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ

- ZHYTKEVYCH O. Review and selection of clustering algorithms for datasets in the context of countries' decarbonization ..... 43
- КАНОУІ Н., САРІ-ХАССУН С., САХЕД А., МЕКІДІЧЕ М. Comparative analysis of ARIMA, MLPNN and hybrid models for forecasting natural gas spot prices from Henry Hub ..... 56

### СТРАХУВАННЯ ЯК СКЛАДОВА ФІНАНСОВОЇ СИСТЕМИ ДЕРЖАВИ

- АРИЧ М. Актуарна діяльність у сфері страхування: моделі застосування генетичної інформації для страхування життя і страхування на випадок хвороби ..... 73

### ПАМ'ЯТАЄМО

- Видатна українська вчена-економістка й освітянка: пам'яті Віри Іванівни Куценко ..... 89

- Редакційна політика та етика ..... 91

## CONTENTS

### SCIENTIFIC DISCUSSIONS

- ZVERYAKOV Mykhailo. Formation of post-war economic development model based on a reproductive approach ..... 3
- SHAROV Oleksandr. Property relations and their transformation in modern conditions (letter to the editor) ..... 23

### ECONOMY UNDER MODERN TRANSFORMATIONS

- KARAS Olena. EU Digital Single Market formation: legal and economic aspects ... 29

### ECONOMIC MODELING AND FORECASTING

- ZHYTKEVYCH Olena. Review and selection of clustering algorithms for datasets in the context of countries' decarbonization ..... 43
- KAHOUI Hacen, SARI-HASSOUN Salaheddine, SAHED Abdelkader, MEKIDI-CHE Mohammed. Comparative analysis of ARIMA, MLPNN and hybrid models for forecasting natural gas spot prices from Henry Hub ..... 56

### INSURANCE AS A COMPONENT OF THE STATE'S FINANCIAL SYSTEM

- ARYCH Mykhailo. Actuarial activities in insurance: models of applying genetic information for life insurance and critical illness insurance ..... 73

### IN MEMORIAM

- Outstanding Ukrainian economics scientist and educator: in memory of Vira Kutsenko ..... 89

- Editorial policy and ethics ..... 91

<https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.003>

УДК 330.341.1:338.14

JEL: O10, A60

**М.І. ЗВЕРЯКОВ**, д-р екон. наук, проф., член-кореспондент НАН України,  
завідувач кафедри загальної економічної теорії та економічної політики  
Одеський національний економічний університет  
вул. Преображенська, 8, 65082, Одеса, Україна  
e-mail: [michailzverjakov@ukr.net](mailto:michailzverjakov@ukr.net)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0039-506>

### ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ПОВОЄННОГО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ НА ОСНОВІ ВІДТВОРЮВАЛЬНОГО ПІДХОДУ

*Проведено теоретичне дослідження нових передумов формування економічної моделі розвитку України в повоєнний період на основі відтворювального підходу. Доведено, що відтворювальний підхід дозволяє розкрити взаємодію різних підрозділів економічної системи, де інновації виступають рушійною силою економічного зростання, а останнє виглядає як інтенсивний тип розширеного відтворення.*

**Ключові слова:** модель «наздоганяючого розвитку»; відтворювальний підхід; інтенсивний тип відтворення; нова індустріалізація; система інтерактивного управління зростанням; інститути «наздоганяючого розвитку».

Сьогодні Україна переживає один з найдраматичніших етапів своєї історії, виборюючи державний суверенітет і національну незалежність не лише на полі бою, а й у геополітичному і економічному вимірах. Паралельно відбувається активне міжнародне обговорення стратегій повоєнного розвитку держави. Так, 10—11 липня 2025 р. в Римі відбувся міжнародний форум за участю лідерів провідних країн світу і вищого керівництва України, на яко-

Ц и т у в а н н я: Зверяков, М. (2025). Формування моделі повоєнного економічного розвитку на основі відтворювального підходу. *Економіка України*. 68. 11(768). 03-22. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.003>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

му було порушено ключові питання повоєнного відновлення й модернізації української економіки<sup>1</sup>.

Механізми реалізації повоєнного відновлення та візія майбутньої України вже сьогодні перебувають у центрі теоретичних дискусій (Лаба, 2024; Хаустова (ред.), 2023; Покровська, 2022; O'Hanlon, Felbab-Brown, 2023). У цьому контексті економічна теорія, виконуючи свою евристичну функцію, має розширювати напрями досліджень і аналітичного пошуку. Її завдання полягає не лише в осмисленні причин сучасних соціально-економічних криз, а й у формулюванні нових концептуальних підходів до розвитку господарських систем, що перебувають у стані становлення і трансформації, таких, зокрема, як національна економіка України. Тому особливий науковий інтерес викликає запропонований академіком В. Гейцем (2020; 2025) підхід до проблеми *соціалізації і соціальної якості* стосовно української економіки, що сприятиме становленню загального соціального аналізу соціально-економічних процесів в Україні, який би об'єднав представників різних наук про суспільство (економістів, істориків, соціологів, політологів, психологів, юристів і т. п.). Цей процес може зайняти десятиліття. Тому формування широкого наукового синтезу знань про суспільство — довгий шлях наукового пошуку, який лише починається. Наукові розробки В. Гейця в цьому напрямі — це тільки початок нового етапу розвитку економічної теорії для дослідження економік, що розвиваються. Дані дослідження виступають каталізатором подальшого розвитку економічної теорії, орієнтованої на формування новітніх концептуальних підходів до визначення стратегічних векторів післявоєнної трансформації національного господарства. Актуальність таких підходів зумовлено їх здатністю не лише окреслювати пріоритетні напрями довгострокового розвитку, а й формувати теоретико-методологічну основу для моделювання науково обґрунтованих сценаріїв відновлення, які спиратимуться на аналітичні напрацювання вітчизняної наукової спільноти.

Сценарії і траєкторії оновлення національної економіки України можуть набувати різних форм і залежать від широкого спектра зовнішніх і внутрішніх чинників. Водночас уже сьогодні можна з упевненістю констатувати наявність низки системних глобальних викликів, з якими неминуче зіштовхнеться Українська держава в повоєнний період і які слід обов'язково враховувати при формуванні й реалізації стратегічних програм відновлення.

Першим з ключових викликів є необхідність забезпечення суттєвого підвищення рівня життя населення до показників, співставних з рівнем країн Центральної і Східної Європи — членів Європейського Союзу, що потребуватиме переходу до якісно нового етапу соціально-економічного розвитку<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Ukraine Recovery Conference. 10-11 July 2025. Italy, Rome. *Укрінформ*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-vidbudova/4013401-konferencia-z-pitan-vidnovlennia-ukraini-zibrala-v-rimi-majze-5-tisac-ucasnikiv.html> (дата звернення: 19.08.2025).

<sup>2</sup> Сьогодні рівень мінімальної заробітної плати в Україні становить лише 164 євро, що є найнижчим показником серед усіх європейських країн. Для порівняння: навіть у Молдові, яка традиційно займає передостанню позицію в рейтингу європейсь-

Другий виклик полягає в тому, що таке зростання має відбутися в умовах глобалізаційних процесів і динамічного економічного поступу країн, що розвиваються, які активно інтегрують сучасні технології у свої виробничі системи. Безумовно, цими викликами не вичерпується повний спектр ризиків для України, однак саме вони задають базові орієнтири стратегічного розвитку і формують перелік першочергових завдань побудови інститутів, необхідних для забезпечення прискореної економічної трансформації в умовах повоєнної відбудови і глобалізаційної конкуренції. З огляду на це, необхідним також є пошук відповіді на ключове запитання: чи має Україна реальні передумови для досягнення рівня соціально-економічного добробуту, порівнянного з показниками країн Центральної та Східної Європи — членів Європейського Союзу в межах реалізації обраної моделі відновлення? На нашу думку, відповідь на нього є позитивною: така можливість дійсно існує за умови, що Україна зможе реалізувати стратегію так званого «наздоганяючого розвитку», що передбачає опору на напрацьований досвід розвинутих держав шляхом активного засвоєння й адаптації сучасних виробничих і управлінських технологій. Як демонструє практика низки країн, зокрема Японії, Південної Кореї і Китаю, реалізація моделі «наздоганяючого розвитку» передбачає активне впровадження інновацій, більшість з яких мають адаптивний характер, тобто є результатом трансферу вже існуючих технологічних рішень з подальшою їх адаптацією до локального економічного середовища (Амсен, 2024; Джонсон, 2023; Лін, 2024). Зазначена практика засвідчує також, що забезпечення «наздоганяючого розвитку» і перехід до моделі економіки, заснованої на новітніх технологіях, потребують функціонування різних інститутів. Інакше кажучи, з огляду на те, що українська економіка наразі ще не досягла високотехнологічного рівня, відсутність інститутів «наздоганяючого розвитку» може істотно загальмувати її прискорену динаміку (Acemoglu et al., 2023). На нашу думку, в середньо- і довгостроковій перспективі українській економіці потрібні інститути «наздоганяючого розвитку», які з часом поступово замінюватимуться новими інститутами розвитку, адекватними вимогам високотехнологічної економіки.

Що стосується впливу глобалізаційних процесів, то ефективно реагування на їх виклики є можливим, зокрема, через функціонування саме цих інститутів. У цьому зв'язку вже сьогодні постає низка першочергових завдань: підвищення гнучкості ключових ринків, передусім ринку праці; розширення компетенцій у сфері національного і глобального підприємництва; усунення бар'єрів для започаткування нових бізнес-структур, у тому числі інноваційних; розвиток управлінських навичок, орієнтованих на реалізацію проєктів і ведення інноваційного бізнесу. Окреслені завдання потребують оперативного розв'язання вже в короткостроковій перспективі.

Таким чином, глобальні виклики певною мірою формують рамкові орієнтири для коротко- і довгострокових пріоритетів повоєнної економічної полі-

---

ких країн за рівнем оплати праці, мінімальна заробітна плата перевищує українську на 121 євро.

тики. Водночас актуальним залишається комплексне питання визначення контурів майбутньої **моделі повоєнного розвитку**, здатної інтегрувати відповіді на глобальні загрози, з якими стикається Україна. Така модель має базуватися на структурній перебудові національного господарства, відновленні втраченої унаслідок збройної агресії частини виробничого потенціалу, а також подоланні стагфляції, характерної для поточної макроекономічної ситуації. Усі ці чинники актуалізують потребу в науковому пошуку, спрямованому на обґрунтування нової моделі повоєнного відновлення національної економіки та її виходу на траєкторію динамічного й сталого розвитку.

Отже, **мета статті** — запропонувати теоретичні напрацювання щодо визначення природи і складових майбутньої повоєнної моделі «наздоганяючого розвитку» на основі відтворювального підходу з урахуванням сучасних геополітичних і економічних викликів для України.

У процесі обговорення можливих траєкторій повоєнного розвитку України серед представників наукових і експертних кіл сформувалася спільна позиція: сучасний розвиток національної економіки не може базуватися виключно на зовнішніх джерелах фінансування, а також на ресурсах рентного чи монопольного походження (Геєць, 2025, с. 84). Поточний стан економіки, яка функціонує в надзвичайних умовах воєнного часу, не лише засвідчує наявність значних господарських труднощів, які виникли під час війни, але й виявляє проблеми, обумовлені глибинними, внутрішніми факторами довгострокового характеру. Як для науковців, так і для управлінців стає дедалі очевиднішим, що економічна модель, що сформувалась у процесі реформ 1990-х років, вичерпала свій потенціал. У цьому контексті актуалізується потреба у формуванні нової парадигми розвитку, здатної забезпечити стійке й динамічне відновлення національної економіки в повоєнний період. Ідеться, зокрема, про необхідність здійснення якісних структурних перетворень і переходу до моделі **економіки неоіндустріального типу**. Саме така модель є притаманною країнам, які демонструють високі темпи економічного зростання в умовах сучасної глобальної конкуренції (Andrusevych, Kozak, 2024). У цьому зв'язку виникає низка ключових запитань: що являє собою неоіндустріальна модель розвитку? які її структурні компоненти? чим вона відрізняється від інших типів модернізаційних стратегій? які передумови необхідні для її імплементації в українському контексті? Знаходження відповідей на ці запитання є актуальним завданням вітчизняної економічної науки.

Оскільки модель «наздоганяючого розвитку» неоіндустріального типу передбачає економічне зростання на основі *якісних* структурних зрушень, що забезпечують підвищення продуктивності праці, логічно розпочати аналіз з розгляду ключового макроекономічного індикатора — валового внутрішнього продукту. В сучасній економічній науці й практиці господарювання саме цей показник вважається головним критерієм економічного зростання, за темпами якого традиційно оцінюється ефективність функціонування національної економіки. Разом з тим ВВП є обмеженим показником, незалежно від конкретного способу його розрахунку. Орієнтація виключно на

кількісні параметри динаміки економіки не дозволяє належним чином оцінити глибину якісних перетворень, що відбуваються в її структурі. Позитивна динаміка ВВП може маскувати негативні тенденції змістового характеру, зокрема технологічну відсталість, деградацію виробничого потенціалу чи домінування екстенсивних чинників зростання. Яскравим прикладом подібної ситуації є економічна динаміка України в період 2000—2008 рр., коли спостерігалися відносно високі темпи зростання ВВП — так зване «відновлювальне зростання», яке, проте, не супроводжувалося сутнісною модернізацією господарської системи, а, навпаки, сприяло закріпленню структури економіки, що сформувалась у 1990-х роках, що передбачала функціонування України як постачальника сировинних ресурсів і ринку збуту для готової продукції розвинутих країн. Така модель відповідає типології *периферійної економіки* в системі глобального капіталізму.

У зазначений період основними джерелами приросту ВВП виступали не стільки технологічні інновації чи інвестиції у високотехнологічні виробництва, скільки тимчасове залучення резервних виробничих потужностей, що залишалися невикористаними в попередні роки, а також сприятлива зовнішньоекономічна кон'юнктура — високі світові ціни на сировинні товари на фоні відносно низьких внутрішніх витрат. Такі фактори зростання є типовими для країн периферійного капіталізму. Для них характерними є не еквівалентний обмін, а саме продаж сировини з низькою доданою вартістю в обмін на імпорт товарів капіталістичного центру з високою мірою переробки, надання фінансових кредитів під високі відсотки, а також інші форми економічної залежності від глобальних центрів впливу.

Однак справжній розвиток економіки має вимірюватися не тільки високими темпами зростання ВВП, а насамперед **підвищенням рівня й якості життя населення**<sup>3</sup>. Досягнення цієї мети можливе лише за умови домінування інтенсивного типу економічного відтворення, що базується на безперервних якісних перетвореннях економіки.

Разові або дискретні оцінки економічної динаміки, наприклад, шляхом аналізу щорічних темпів приросту ВВП, не дозволяють адекватно охопити глибинну сутність постійних змін у господарській системі. Для виявлення закономірностей таких трансформацій потрібен складніший рівень теоретичного аналізу, що передбачає дослідження економіки як цілісного процесу її безперервного відтворення. Відповідно до цього підходу, економічна система розглядається в постійному русі, взаємозв'язку між виробництвом, розподілом, обміном і споживанням, як безперервний потік соціально-економічних відтворювальних процесів.

<sup>3</sup> Наприклад, реформатори, що проводять економічні реформи в Китаї, не ставили як мету високі темпи економічного зростання. Метою першого етапу реформ було *викорінення бідності*. Коли поставлена мета була досягнута, оголосили наступну — *побудова суспільства середнього достатку*. Після її досягнення було проголошено нову: до 2035 р. побудувати *високорозвинуту ринкову економіку*. Отже, темпи зростання ВВП на основі якісних змін були лише способом досягнення поставлених цілей.

На відміну від мейнстримної економічної парадигми, що фокусується переважно на поверхневих макроекономічних індикаторах, відтворювальний підхід пропонує цілісне бачення економічного розвитку як процесу, в якому кількісні й якісні зміни є взаємообумовленими.

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВІДТВОРЮВАЛЬНОГО ПІДХОДУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЕКОНОМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ**

*Теорія відтворення* є органічною складовою політекономічного аналізу економічних систем, що функціонують на ринкових засадах. Вона розглядає економіку як цілісний організм, який у процесі відтворення не тільки підтримує й відновлює структурні зв'язки між її основними елементами, а й відтворює свою соціально-економічну сутність. Такий підхід дозволяє глибше осмислити динаміку і взаємозалежності пропорцій, що лежать у основі безперервного функціонування і розвитку економічної системи.

Пропорції, що формуються в економіці, створюють умови для її сталого розвитку, тоді як диспропорції, навпаки, виступають гальмівним фактором. Відтворювальний підхід формує специфічне бачення економіки, яке значною мірою втрачено в рамках неокласичної економічної теорії, що істотно обмежило її аналітичний інструментарій. Цей підхід здатен збагачувати сучасне розуміння економічних процесів і розширювати методологічні рамки дослідження актуальних теоретичних і прикладних проблем. Сучасні економічні теорії фокусуються переважно на сфері обігу, обмінних процесах і фінансових параметрах, ігноруючи структурні зрушення, зумовлені, перш за все, трансформаціями в промисловому секторі. Виробництво вони розглядають крізь призму технологій, а сам процес виробництва подається як дискретний акт, що полягає у створенні результату на основі сталих передумов, що сприймаються як об'єктивна даність. Такий підхід обмежує доступність для аналізу лише певного рівня економічних явищ, залишаючи поза увагою сутнісні зміни у виробничій сфері.

Так, у класичній економічній теорії виробництво виступає центральним елементом економіки, тоді як у неокласичній парадигмі воно зводиться до аналізу точки рівноваги. Технічний прогрес у неокласичних моделях розглядається як фактор динамічного зростання, однак його якісний вимір представлений лише трьома типами: капіталоінтенсивним, трудоінтенсивним і нейтральним, що трактується як вибір технологій на основі пропорцій між трудовими і матеріальними ресурсами (K/L). Цей теоретичний підхід набув значного поширення і закріпився в сучасній навчальній і науковій літературі, однак він не відображає глибинних якісних змін у економіці, зумовлених підвищенням продуктивності праці<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> У західній економічній теорії паралельно накопичувалися дедалі нові аргументи проти такого підходу. Так, відомий індійський економіст, Нобелівський лауреат 1998 р. Амартія Сен (Sen, 1977), критикуючи образ homo economicus як раціоналізатора і максимізатора власної вигоди, що домінував у науковій і навчаль-

Розвиток економічної системи на основі зростання продуктивності праці може здійснюватися збалансовано й стало лише за умови досягнення фундаментальних відтворювальних пропорцій, які не зводяться виключно до кількісних співвідношень, а репрезентують діалектичну єдність кількісного і якісного вимірів. Відтак, відтворювальні пропорції постають як внутрішня міра системної збалансованості та рівня розвитку національного господарства. Їх досягнення — це результат дії факторів технічного прогресу, структурної узгодженості та якісного оновлення виробництва, що забезпечує умови для гармонійного економічного зростання. Пропорції відтворення не обмежуються суто кількісними характеристиками; вони репрезентують *діалектичну єдність кількісного і якісного змісту економічної динаміки*. У цьому контексті відтворювальні пропорції виступають *внутрішнім виміром* системної збалансованості економіки та індикатором її якісного розвитку. Формування таких пропорцій зумовлюється впливом технічного прогресу, інституційної узгодженості й спрямованістю економічної політики на гармонізацію відносин відтворення.

У ринкових умовах фундаментальні пропорції відтворення дістають свій *кількісний вияв* у співвідношеннях між обсягами випуску кінцевої продукції та її елементних складових, а також у вартостях факторів виробництва. Водночас економічне зростання як вища форма реалізації відтворення обумовлюється *якісними змінами* в структурі продуктивних сил. Зокрема, за економічної кризи відбувається не лише кількісна реконфігурація пропорцій, але й глибоке якісне оновлення виробничої бази, передусім шляхом модернізації технологічного укладу й підвищення якості робочої сили. Це супроводжується збільшенням співвідношення між капіталом і працею, що виявляється в зростанні органічної будови капіталу як індикатора структурної еволюції економіки. Лише за одночасного зростання обсягів виробництва, продуктивності праці й органічної будови капіталу можна говорити про справжній економічний розвиток, тотожний економічному зростанню. Натомість, приріст ВВП, що не супроводжується технологічним оновленням і підвищенням ефективності використання ресурсів, маскує наявне технологічне відставання, яке неминуче призводить до згасання темпів зростання, затяжної стагнації, зниження рівня життя населення і системних деформацій господарського механізму. Ілюстрацією цих процесів є трансформаційна модель економіки України.

Після проходження етапу трансформаційної кризи і фази так званого «відновлювального зростання» українська економіка остаточно закріпилась у статусі країни периферійного капіталізму. Відтворення основного капіталу

---

ній літературі, назвав свою працю «Раціональні дурні: критика поведінкових основ економічної теорії». У цьому ж аспекті слід навести думку австрійського професора Хайнца Курца (Kurz, 2017, S. 95), який акцентував увагу на тому, що, хоча homo oeconomicus і може «вважатися «корисним поняттям» у деяких вузьких контекстах, він не в змозі слугувати «адекватною відправною точкою для суспільної теорії, яка повинна пояснювати реальність»».

здійснювалося переважно в експортосировинному сегменті через імпорт технологічного устаткування, профінансований за рахунок зовнішніх запозичень. Такий характер модернізації не створив внутрішніх джерел самопідтримувального зростання, а, навпаки, посилив залежність від зовнішніх ринків капіталу і технологій. Хронічний дефіцит високотехнологічного машинобудування у сфері як власного виробництва, так і системних імпортих закупівель обумовив нестійкий і фрагментарний характер економічного зростання. У цьому контексті системними чинниками економічної нестабільності виступають: структурна деградація виробничого та інноваційного секторів національної економіки; відсутність цілісної промислової політики; інституційна слабкість державного управління. Сукупність цих факторів призводить до неспроможності забезпечити стратегічне спрямування національного розвитку на засадах якісного оновлення виробничого базису.

Відтворювальний процес у низці галузей національної економіки, орієнтованих переважно на експорт сировини, протягом останніх більш як трьох десятиліть реалізував два періодичних цикли, які були локалізовані виключно в експортосировинному сегменті й не охопили виробничої структури в її системній цілісності. Такий фрагментарний характер відтворення не забезпечив кумулятивного ефекту зростання органічної будови капіталу й відповідного приросту продуктивності праці. Спорадичне технологічне оновлення в межах сировинного сектору не трансформувалося в загальноекономічний розвитковий імпульс, необхідний для відновлення машинобудівного комплексу, імпортозаміщення і структурної модернізації. Як наслідок, внутрішні темпи економічного зростання і приросту продуктивності праці виявилися нижчими за середньосвітові. Зокрема, за даними Світового банку, у 2010—2021 рр. середньорічний приріст продуктивності праці в Україні становив лише 0,81 %, тоді як глобальний показник за аналогічний період дорівнював 2,16 %<sup>5</sup>.

Технологічне відставання в структурі національної економіки України характеризується неоднорідністю і секторальною специфікою, зосереджуючись переважно в галузях, де домінують традиційні індустріальні технології. З огляду на філософське осмислення техніки як форми «технологічного буття» соціально-економічних відносин і організаційно-господарських практик, слід визнати її структурну обумовленість певною соціоекономічною матрицею. Іншими словами, індустріальна техніка виникла як відповідна технологічна основа функціонування капіталу і найманої праці, а ринковий механізм є адекватним регулятором цих відносин. Проте на сучасному етапі розвитку така технічна база, хоча й не повністю вичерпала свій потенціал у традиційних секторах економік навіть високого рівня розвитку, вже неможливо забезпечувати стабільні темпи приросту ВВП на рівні 2—3 % за умов чинних норм нагромадження капіталу.

Протягом двох з половиною століть, після Першої промислової революції (друга половина XVIII — перша чверть XIX ст.), ця техніка безперервно

<sup>5</sup> GDP per person employed (constant 2021 PPP \$). *World Bank Group*. 2024. URL: <https://data.World.Org/indicator/SL.GDP.PCAP.EM.KD> (дата звернення: 10.07.2025).

вдосконалювалась у процесі постійного розширеного відтворення капіталу. Зміна декількох технологічних укладів і є тими якісними етапами модернізації індустріальної техніки і підвищення продуктивності праці в процесі розширеного відтворення капіталу в рамках капіталістичної економіки. Водночас таке вдосконалення наближає індустріальний тип техніки до меж своїх можливостей. Унаслідок цього значно звужується потенціал підвищення ефективності індустріальної економіки. Виникає об'єктивна потреба в державному втручанні в процес відтворення індустріальної техніки за умов ринкової економіки незалежно від форми власності<sup>6</sup>. Основною метою такого втручання є посилення ефективності ринкового механізму, що є необхідною передумовою для забезпечення сталих темпів економічного зростання і адекватного оновлення основного капіталу. Наприклад, держава встановлює коефіцієнти оновлення основного капіталу за допомогою державних регуляторів. Значний вплив на оновлення основного капіталу також може мати контроль за нормою нагромадження і нормою амортизації.

Для України такий контроль має важливе значення, оскільки в приватному і державному секторах існує високий рівень спрацювання основних засобів. Крім зазначених форм державного контролю за механізмом відтворення основного капіталу необхідно впроваджувати контроль за іншими складовими відтворювального процесу. До них відносяться зниження податків на впровадження нової техніки, яке практикується в розвинутих країнах, а також контроль за використанням амортизаційних коштів підприємства, спрямований на недопущення їх виведення з інвестиційно-відтворювального процесу і забезпечення їх цільового використання на модернізацію й оновлення виробничих потужностей. Регулювання норми амортизації і поступове її підвищення повинні бути однією із складових контролю за відтворювальним процесом. Сам по собі приватний капітал, орієнтований виключно на цінові сигнали ринку, не спроможний забезпечити належний рівень технологічного оновлення виробничих потужностей. В умовах сучасної економічної динаміки сподівання тільки на ринкові засоби регулювання є методологічно хибними і практично неефективними. Варто також наголосити, що збільшення потоку інвестицій саме по собі не гарантує технологічного розвитку. Для успішного використання інвестицій і реального технологічного оновлення необхідно чітко визначити напрями розвитку НТП. Якщо інвестиції вкладаються в традиційні галузі, то вони в кращому випадку забезпечують економічне зростання, але не інноваційний технологічний розвиток (Cohen, 2010).

Як говорить досвід передових країн, великі промислові корпорації, що акумулюють основну частину виробничого, кадрового і фінансового потенціалів, спроможних забезпечити реалізацію проривних технологічних змін, водночас проявляють відносно низький рівень активності у сфері генерації

---

<sup>6</sup> Таке втручання П. Кругман і М. Обстфельд (Krugman, Obstfeld, 2003, p. 24) називають промисловою політикою. «Промислова політика — це спроба уряду підштовхнути ресурси рухатися в ті окремі сектори, які він розглядає як важливі для майбутнього економічного зростання».

первинних інновацій. Причина такого ставлення до інновацій полягає в природі сучасного НТП, який значно відрізняється від технічного прогресу ХХ ст. з індустріальною технікою, що була доступна великим приватним підприємствам. Сучасна техніка є високовитратною і високоризикованою, що слугує межею вкладання приватного капіталу. Малий бізнес функціонує головним чином у торгівлі й сфері послуг. Його вплив на НТП є допоміжним. Як показує світовий досвід, часто малий і середній бізнес являє собою невеликі підрозділи крупних корпорацій. Сучасні корпорації усіх форм власності здійснюють інновації за державної участі, яка може бути в різних формах. Держава організовує фінансування розробок, упровадження і поширення інновацій на стратегічних напрямках НТП. Контроль за інноваційними процесами великих корпорацій усіх форм власності є важливим елементом промислової політики розвинутих країн.

Оскільки провідний потенціал зростання продуктивності праці й структурної модернізації економіки сконцентровано у впровадженні новітніх технологічних засобів виробництва, то саме в цій сфері формується стратегічний простір для оновлення національної економіки. Водночас, як свідчить динаміка зростання продуктивності праці навіть у країнах з високим рівнем технологічного розвитку, ефекти від технічного прогресу мають тенденцію до поступового зниження віддачі. Зробити прорив у піднесенні національної економіки можливо лише в напрямі стратегічного розвитку країни. Але слід мати на увазі, що впровадження нових технологій можливе лише тоді, коли вони сприяють нарощуванню прибутковості капіталу. Коли ж така прибутковість може бути отримана іншими способами, то застосування інноваційних технологій для приватного капіталу стає недоцільним у певних галузях економіки. Тільки цим можна пояснити парадоксальну ситуацію, яка має місце у високорозвинутих країнах: цифрові технології дедалі активніше поширюються, а темпи продуктивності падають. Але цифрові технології не можуть стабільно функціонувати, адаптуючись під кон'юнктурні коливання ринкових цін. Тому на сучасному етапі становлення нової економічної системи у високорозвинутих країнах важливим способом її координації стає **промислова політика держави**, яка повинна симулювати технічні інновації і сприяти інтеграції ринкового сектору в суспільне відтворення (Rodrik, 2009).

Хоча цифрові елементи продуктивних сил впливають на систему соціально-економічних відносин, вони також змінюють і структуру суспільного відтворення, розширюють простір і межі розвитку економіки. Зростання трудової діяльності у творчій сфері означає, що складовою частиною суспільного відтворення стає виробництво знань, тобто наука. Іншими словами, крім двох традиційних підрозділів суспільного відтворення (виробництво інвестиційних товарів і споживчих благ) з'являється окремий, третій підрозділ — *виробництво знань*<sup>7</sup>. В умовах інноваційного розвитку виробництво наукових знань,

<sup>7</sup> Теоретичне обґрунтування виділення окремого підрозділу суспільного виробництва, який займається виробництвом знань, у вітчизняній економічній науці було вперше здійснено А. Покританом (Покритан, Зверяков, 1994).

їх обсяги стають важливим фактором розвитку промислових підрозділів, що виготовляють засоби виробництва і предмети споживання. Розвиток підрозділу виробництва знань не лише детермінує галузеву структуру національного господарства, але й формує професійно-кваліфікаційну конфігурацію зайнятого населення, тобто людського потенціалу країни.

У високорозвинутих державах технічна основа сучасної економіки є різнорідною: індустріальний сегмент поєднується з неоіндустріальним, що функціонує на базі цифрових технологій. Таким чином, неоіндустріальний технологічний базис і цифрові технології, на мою думку, є тотожними поняттями. Оцінюючи вплив сектору виробництва знань, або, як його ще називають, «економіки знань»<sup>8</sup>, на інші сегменти національного виробництва, слід зауважити, що сьогодні не існує єдиних міжнародних стандартів для її вимірювання. Зокрема, Євростат веде облік наукомістких видів діяльності окремо для країн Європейського Союзу, США і Японії, оскільки там застосовуються відмінні класифікації видів економічної діяльності (КВЕД)<sup>9</sup>. Оцінювання «економіки знань» може здійснюватися за різними підходами. Зокрема, методи вимірювання передбачають використання таких показників: чисельність зайнятих у наукомістких видах економічної діяльності; обсяг витрат на наукову та інноваційну діяльність; величина доданої вартості, створеної у сфері знань. На мою думку, саме останній підхід — оцінювання економіки знань за показником валової доданої вартості в секторах, що відтворюють знання і передають їх до інших галузей суспільного виробництва і сфери послуг, — є найбільш

<sup>8</sup> Для визначення сформованого за останні декілька десятиліть нового сектору економіки, який дедалі більше домінує в економіці сучасного розвинутого суспільства, у західній літературі широко використовуються два терміни: *knowledge economy*, тобто економіка, що ґрунтується на знаннях, або «економіка знань», та *information economy*, тобто економіка, що ґрунтується на інформації, — «інформаційна економіка». Часто ці поняття ототожнюють. На мій погляд, інформація і знання — це якісно різні феномени, причому їх відмінності простежуються за цілим рядом напрямів. По-перше, інформація, яка один раз виготовлена, стає доступною широкому колу людей, а її освоєння людьми не передбачає її відчуження; знання, що не існують у об'єктивованій формі, доступні у своєму аутентичному вигляді лише їх творцю і в принципі не відчужені, оскільки кожна їх передача змінює їх початкові якості. По-друге, інформація тиражується і витрати на виробництво наступної копії інформації з кожним новим етапом технічного прогресу прямує до нуля; створення нових знань потребує дедалі більшого розвитку інформації та обсягу даних, і тому кожне нове примноження знань потребує дедалі більше зусиль. По-третє, на отримання інформації йде дедалі менше витрат, натомість формування знань є результатом інтелектуальних досягнень окремих осіб або колективів, які володіють не лише високим рівнем освіти, а й певними природними здібностями. У цьому відношенні знання є рідкісними і стають основою нерівності й нової соціальної стратифікації. По-четверте, хоча інформація специфічним чином переносить свою вартість на кінцевий продукт через витрати на тиражування, тільки знання характеризуються властивістю «необмеженого самозростання».

<sup>9</sup> Див. методику агрегування наукомістких видів діяльності Євростата за: *Eurostat*. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/htec\\_esms.htm](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/htec_esms.htm)

репрезентативним<sup>10</sup>. Саме цей метод широко застосовується для оцінки внеску «економіки знань» у зростання валової доданої вартості в країнах ЄС, США і Китаї. Зокрема, у періоди 2002—2008 і 2012—2017 рр. у країнах Європейського Союзу частка «економіки знань» у загальній динаміці зростання доданої вартості перевищувала 50 %, випереджаючи внесок інших видів економічної діяльності. У США у 2010—2017 рр. її внесок становив близько 35 %, також переважаючи інші сектори. У Китаї, починаючи з 2014 р., внесок «економіки знань» у приріст валової доданої вартості коливався в межах 10—12 %, перевищуючи показники інших напрямів економічної активності<sup>11</sup>.

Отже, у високорозвинутих країнах і Китаї склалася чітка тенденція розвитку «економіки знань», яка є наслідком цілеспрямованої економічної політики і системних трансформацій, що стимулюють упровадження знань у різні сфери суспільного відтворення. Основні напрями розвитку «економіки знань» пов'язано з розширенням застосування інновацій, генерацією нових знань, що зумовлює зростання потреби в наукових кадрах і висококваліфікованій робочій силі, а також забезпеченням максимально широкого доступу до знань для їх використання на благо суспільства. Таким чином, у високорозвинутих країнах протягом десятиліть сформувалась *інноваційна модель розвитку*, яка докорінно трансформувала систему суспільного відтворення. Економічні процеси почали розвиватися за двома взаємодоповнювальними напрямками: з одного боку, виробництво матеріальних благ, з іншого — нарощування виробництва знань, причому кожен акт споживання виступає природним фундаментом для розширення виробництва в національній економіці.

Однак «споживання знань» формує нову якість людини, що відтворюється як суб'єкт оновленої господарської моделі. У свою чергу, споживання матеріальних благ, незалежно від його масштабів, не здатне здійснити подібний ефект. У такій ситуації швидкий економічний розвиток (development) стає можливим навіть за відносно низьких темпів зростання матеріального виробництва. Тому активне економічне зростання (growth), яке фіксується загальним показником ВВП, не може кардинально змінити позицію країни в системі світового поділу праці й забезпечити її стабільний і комплексний розвиток. Викладені теоретичні підходи характеризують сучасну високорозвинуту економіку як систему із специфічною відтворювальною структурою, де сфера знань виступає однією з необхідних умов сталого економічного розвитку. В цьому зв'язку закономірно постає запитання: якою мірою це стосується економіки України?

<sup>10</sup> Вимірювання результатів «економіки знань» може становити окрему тему наукового дослідження. На жаль, в Україні не застосовуються статистичні методи оцінки інновацій, які є поширеними в західних країнах.

<sup>11</sup> National Bureau of Statistics of China. URL: <https://www.stats.gov.cn/english/Statisticaldata/yearbook/> (дата звернення: 11. 07.2025).

## ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ПРИСКОРЕНОГО РОЗВИТКУ НА ОСНОВІ ВІДТВОРЮВАЛЬНОГО ПІДХОДУ

Існуючу в Україні господарську модель, на мою думку, не може бути віднесено до неоіндустріального типу, для якого характерною є наявність окремого підрозділу суспільного виробництва, що виробляє нові знання як умову інноваційного розвитку всієї національної економіки. Цю модель можна охарактеризувати як індустріальну, успадковану від минулого, яка не була результатом еволюційного розвитку ринкової системи, а виникла внаслідок прискореної індустріалізації і повинна була функціонувати на планових засадах (Зверяков, 2024). Водночас вона мала специфічні форми відтворення, що ігнорували циклічні коливання промислового капіталу, властиві індустріальному типу ринкової економіки. Ця модель успадкована Україною від радянської системи і стала вихідною точкою для формування й функціонування української національної моделі (Зверяков, 2020). Господарська модель, сформована в 1990-х роках за «лекалами» Вашингтонського консенсусу і зорієнтована на кон'юнктуру сировинних товарів на зовнішніх ринках, призвела до деіндустріалізації національної економіки. Протягом усього періоду становлення і функціонування ринкової економіки в Україні домінує економічна модель, яка певною мірою забезпечує «зростання без розвитку». Таке визначення економічної динаміки є загальновизнаним як у західній, так і у вітчизняній економічній теорії (Stiglitz, 2016; Єщенко, 2013).

Отже, зростання національної економіки може супроводжуватися розвитком або відбуватися без нього. Зростання з розвитком передбачає відродження національної економіки через упровадження у виробничі процеси нових технологій. Для цього необхідно здійснити не просто відновлення, а нову індустріалізацію, яка забезпечить розширене відтворення в промисловості. Розширене відтворення має охоплювати як нові, так і вже діючі підприємства й передбачати впровадження наукомістких виробництв. Контури нової економічної моделі повинні базуватися на реаліях, у яких перебуває вітчизняна економіка. Крім того, формування нової моделі економічного розвитку України в післявоєнний період не може ігнорувати її історичний досвід, традиції, умови функціонування за роки незалежності, а також її місце у світогосподарській системі.

У суспільстві сформувалася думка про необхідність якісних структурних змін і модернізації особливого, неоіндустріального, типу. Це усвідомлення поділяють не лише науковці, а й представники державних органів влади (Новицький, 2018). Сформована в період реформ існуюча економічна модель вичерпала себе і вимагає заміни на таку, що забезпечить динамічний повоєнний розвиток. Унаслідок активних дискусій пропонуються різні підходи та ініціативи щодо реформування національної економіки. На мій погляд, основними з них є такі.

**Перший підхід** передбачає запровадження моделі *прискореного розвитку всієї економічної системи*. Її суть полягає в направленні всіх наявних ресурсів на впровадження новітніх технологій і розбудову VI техноло-

гічного укладу, основою якого стануть нано- і біотехнології, когнітивні технології, нові матеріали тощо. Отже, передбачаються технологічний прорив та інтеграція України до кола країн, що розвиваються на основі сучасних науково-технічних досягнень. Цей підхід відповідає вже окресленим глобальним викликам і базується на досвіді країн повоєнного відновлення (Німеччини, Японії, Південної Кореї), а також держав, що демонстрували стрімкий розвиток з кінця 1970-х років (Сінгапуру, Китаю, В'єтнаму та ін.), які протягом одного покоління змогли ввійти до кола високорозвинутих економік світу<sup>12</sup>. Останнім часом цей варіант розвитку дістав додаткову аргументацію, пов'язану з повоєнним відновленням України на фоні впровадження технологій VI технологічного укладу в провідних країнах світу.

На перший погляд, модель прискореного розвитку не викликає заперечень, оскільки важко бути проти впровадження новітніх технологій останнього покоління. Проте ключова проблема полягає в системних можливостях і наявності економічних ресурсів для її реалізації, тобто в забезпеченні необхідних передумов і правильному визначенні стратегічних пріоритетів.

По-перше, новітні технології є результатом функціонування нового, III підрозділу суспільного виробництва, що в господарській практиці ідентифікується як сектор «економіки знань». У високорозвинутих країнах цей сектор формувався десятиліттями і набув конкретно-історичної форми національної інноваційної системи, яка має постійно відтворювати інноваційні продукти й обмінюватися ними з іншими підрозділами, що виготовляють інвестиційні та споживчі товари. Цей підрозділ суспільного виробництва є надзвичайно високовитратним, а напрями його застосування передбачають існування відповідних засобів виробництва, здатних асимілювати запропоновані інновації.

По-друге, вітчизняна економіка не має економічного суб'єкта, наділеного ресурсами для повного циклу розробки й виробництва таких технологій. Приватний сектор, що володіє частковими ресурсами, не зацікавлений у розвитку альтернативних технологій з високими витратами, оскільки керується переважно короткостроковими критеріями ефективності й не враховує потенційних довгострокових викликів, об'єктивних чи суб'єктивних. Державні органи влади, попри зацікавленість у модернізації економіки, також не мають ресурсів необхідного масштабу для їх направлення на створення новітніх технологій.

Отже, незважаючи на привабливість такого варіанта прискореного розвитку для багатьох експертів і представників уряду, Україна сьогодні не має необхідних передумов для його реалізації у найближчій перспективі. В Україні багаторічну довоєнну й поточну діяльність уряду характеризує ліберальна,

---

<sup>12</sup> Даний підхід також неявно спирається на аналогію довоєнної індустріалізації, що була здійснена в радянській економіці в 1930—1940 рр., коли одним ривком вдалося закласти основи подальшого розвитку економіки індустріального типу. Проте одночасно в економічну систему були закладені такі суперечності, які призвели до повного вичерпання її потенціалу в другій половині минулого століття.

або інерційна, модель, основні риси якої є загальновідомими: вона базується на імперативах Вашингтонського консенсусу, впроваджених у практику економічної політики. Водночас добре відомими є і її деструктивні наслідки: Україна досі не може перевищити рівень ВВП 1990 р., тобто показники початку реформ. У доктринальному аспекті ця модель виглядала привабливою: через дію законів ринку в умовах економічної свободи і мотивацію приватної власності конкуренція мала стимулювати власників підприємств до впровадження інновацій у промислову сферу. Ліберальний підхід базувався на принципі «модернізації знизу», при цьому відсутність державного регулювання стала загальним принципом, який ніде не мав історичної конкретизації і перетворився на ідеологічну догму. На жаль, з перших років незалежності «лібералізм» був абсолютизований у економічній політиці реформаторів і слугував певним інтелектуальним імперативом урядової політики, що оформлювалася щорічними меморандумами України з Міжнародним валютним фондом. Можна стверджувати, що країна, розпочавши свій «суверенний розвиток» на засадах «лібералізму під диктат», продовжує дотримуватися його імперативів, незважаючи на катастрофічні наслідки, які були очевидними не лише для науковців і політиків, а й для широких верств населення ще до війни.

Основним ресурсом ліберального або інерційного варіанта розвитку виступає експортосировинна модель, яка сильно залежить від кон'юнктури зовнішнього ринку. Із зниженням обсягів сировинного експорту вона втрачає драйвери зростання і не має альтернативних чинників розвитку. Єдине, на що можна розраховувати в межах її функціонування, це очікування інфляції, яка потенційно здатна підвищити ціни на товари сировинного експорту. Окремі проекти, у першу чергу інфраструктурні, не спроможні усунути системні вади існуючої господарської моделі. Як говорить досвід ринкових реформ, безпрецедентна деіндустріалізація вітчизняної економіки за останні більш як 30 років є підтвердженням того, що найсуттєвіші негативні наслідки реформ торкнулися промислового сектору. Просування шляхом структурної диверсифікації та модернізації національного господарства є неможливим без відновлення вітчизняного промислового сектору на базі нової індустріальної платформи.

Закономірність і об'єктивна необхідність переходу до високотехнологічної індустріалізації висувають перед економічною наукою і практикою господарювання нові стратегічні завдання й цілі, які принципово відрізняються від парадигми радикальних трансформацій початку 1990-х років, що сформували нинішню соціально-економічну модель з доведеною неспроможністю забезпечувати сталий розвиток. З огляду на це, у процесі післявоєнного відновлення слід уникнути повторення деструктивного досвіду того періоду. Всі структурні трансформації і економічна політика повинні бути жорстко скоординовані з критеріями технологічного і соціально-економічного прогресу.

**Другий, так званий відтворювальний, підхід** передбачає неоіндустріальне оновлення національного господарства на основі відтворення, яке в нинішніх конкретно-історичних умовах постає як найбільш релевантна

концепція для стратегії повоєнного розвитку. На мій погляд, здійснення нової індустріалізації на засадах відтворювального підходу може слугувати основою моделі повоєнного економічного відновлення України. Такий підхід дає змогу закласти засади для формування оновленої парадигми, що відповідатиме як наявним ресурсним обмеженням, так і потенційним можливостям національної економіки. У цьому контексті відтворювальний підхід дозволить системно конкретизувати ключові передумови, структурні параметри та інституційно-функціональні фактори нової індустріалізації. Таку конкретизацію обумовлено рядом визначальних обставин, зокрема: необхідністю чіткого окреслення відправних точок трансформаційного процесу і загальної траєкторії економічного поступу; ідентифікацією видового складу ресурсного забезпечення, джерел його акумулювання і механізмів мобілізації; визначенням доцільних форм і моделей організаційно-інституційних трансформацій, які відповідатимуть вимогам сучасної неоіндустріальної парадигми і стратегічним завданням довгострокового розвитку.

Вихідною позицією нашого аналізу є усвідомлення того, що масштаби викликів, пов'язаних з реалізацією неоіндустріального відновлення економіки, є надзвичайно серйозними, тоді як наявна ресурсна база вкрай обмеженою. Відтак, нова економічна модель розвитку має формуватися в межах фактичних можливостей економіки, з орієнтацією на раціональне використання наявних ресурсів і поступове залучення додаткових внутрішніх і зовнішніх джерел<sup>13</sup>.

## ВИСНОВКИ

Уже нині стає очевидним, що відновлення української економіки після масштабного руйнування війною з використанням довоєнної економічної моделі, заснованої на неоліберальних засадах Вашингтонського консенсусу, не зможе забезпечити сталий розвиток, зростання добробуту населення і підвищення національної економічної конкурентоспроможності. Така модель виявилася структурно неготовою до зовнішніх шоків, нездатною забезпечити внутріш-

---

<sup>13</sup> Проведене теоретичне дослідження нових передумов формування економічної моделі розвитку України в повоєнний період на засадах відтворювального підходу створює підґрунтя для подальшого, більш конкретизованого аналізу умов побудови моделі прискореного розвитку. Водночас рамки даної публікації не дозволяють детально розглянути питання взаємодії окремих підсистем національної економіки, у яких інноваційні чинники виступають каталізатором інтенсивного типу розширеного відтворення. Саме ці проблеми, а також підходи до формування керованої моделі «наздоганяючого розвитку» і стратегії створення проміжних інститутів прискореного розвитку стануть предметом наступної статті. У ній буде показано, як відтворювальний підхід дозволяє пояснити структурні диспропорції і стагнаційні тенденції національної економіки, обґрунтувати інституційні та інноваційні засади побудови нестандартної інституційної структури, інтегровані елементи якої можуть слугувати основою системи інтерактивного управління неоіндустріальним розвитком.

ню стійкість і самодостатність економіки в умовах затяжної кризи. Отже, у післявоєнний період для України надзвичайно важливо перейти до якісно нової моделі прискореного поступу, або «наздоганяючого розвитку», орієнтованого на відтворення національного промислового потенціалу і формування внутрішніх драйверів зростання.

Спроба реалізувати в Україні так звану «інноваційну стратегію прориву», орієнтовану на створення нових технологій VI технологічного укладу, на сучасному етапі є передчасною. Це зумовлено браком достатніх інституційних, фінансових і кадрових ресурсів, а також об'єктивною слабкістю національного бізнесу, який, за незначними винятками, не створює запиту на інновації, а орієнтується переважно на технологічне запозичення. Крім того, навіть у більш розвинутих економіках інноваційна активність має вибірковий характер, концентруючись здебільшого у військово-промисловому комплексі та сфері високих технологій, які перебувають під пильним контролем держави. Тому для України доцільно спиратися на стратегію поетапного використання вже наявних інновацій з поступовим нарощуванням національного інноваційного потенціалу.

Найгострішими викликами для повоєнного розвитку є, з одного боку, необхідність скорочення розриву в рівні добробуту між Україною і країнами ЄС, а з іншого — загострення глобальної конкуренції унаслідок прискореного піднесення ряду країн, що розвиваються. За цих умов нова індустріалізація виступає не просто як напрям оновлення, а як стратегічна передумова економічного зростання. Саме вона здатна забезпечити структурне оновлення економіки, відновлення відтворювального промислового циклу і стабілізацію балансу між галузями національного господарства.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Лаба, О. (2024). Сучасний стан та суперечності розвитку міжнародної системи грантової підтримки економіки в контексті повоєнного відновлення України. *Економіка та суспільство*. (66). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-59>
- Хаустова, В. (Ред.) (2023). *Повоєнне відновлення економіки України: проблеми та напрямки вирішення*. Кол. моногр. Харків, ФОП Лібуркіна Л.М. 240 с. URL: <https://surl.li/kropno>
- Покровська, Н. (2022). Концептуальні засади післявоєнного відновлення України, економічні аспекти. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 4(274). 41-47. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-274-4-41-47>
- O'Hanlon, M., Felbab-Brown, V. (2023). *Reconstructing Ukraine: Creating a Freer, More Prosperous, and Secure Future*. RAND Corporation. 124 p. URL: [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RRA2200-1.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA2200-1.html)
- Геєць, В. (2020). Соціалізація та соціальна якість як інструменти державної політики соціально-економічного розвитку. *Економіка України*. 63. 10(707). 3-18. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.10.003>
- Геєць, В. (2025). Соціалізація та соціальна якість: від турбулентності до ламінарності. Київ, Академперіодика. 332 с. <https://doi.org/10.15407/akadempriodyka.535.332>

- Амсен, Е. (2024). Корейське економічне диво: як Південна Корея стала технологічним гігантом за 30 років. Київ, Наш формат. 480 с.
- Джонсон, Ч. (2023). Японське економічне диво. Як професійна влада та бізнес збудували провідну економіку світу. 2-ге вид. Київ, Наш формат. 456 с.
- Лін, Ч. (2024). Китайське диво і глобалізація. Від іноземних інвестицій до місцевих компаній-чемпіонів. Київ, Наш формат. 256 с.
- Acemoglu, D., Zilibotti, F., Aghion, Ph. (2003). Vertical Integration and Distance to Frontier. *Journal of the European Economic Association*. Vol. 1. No. 2/3. P. 630—638. <https://doi.org/10.1162/154247603322391260>
- Andrusevych, A., Kozak, Z. (2024). Post-war Green reconstruction of Ukraine: processes, stakeholders, public participation. Kyiv, Heinrich Böll Foundation. 83 p. URL: [https://ua.boell.org/sites/default/files/2024-05/racse-report\\_eng\\_2024-5-13\\_1-2.pdf](https://ua.boell.org/sites/default/files/2024-05/racse-report_eng_2024-5-13_1-2.pdf)
- Sen, A. (1977). Rational Tools: a Critique of the Behavioral Foundations of Economic Theories. *Philosophy and Public Affairs*. Vol. 6. (Summer). P. 317—344. URL: <https://www.jstor.org/stable/2264946>
- Kurz, H. (2017). Geschichte des ökonomischen Denkens. München, Verlag C.H. Beck. 124 S.
- Krugman, P., Obstfeld, M. (2003). International economics: Theory and Policy. 5<sup>th</sup> ed. New York, HarperCollins. 685 p.
- Cohen, W. (2010). Chapter 4 — Fifty years of empirical studies of innovative activity and performance. *Handbook of the Economics of Innovation*. Vol. 1. P. 129—213. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01004-X](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01004-X)
- Rodrik, D. (2009). Industrial policy: Don't ask why, ask how. *Middle East Development Journal*. Vol. 1. Iss. 1. P. 1—29. <https://doi.org/10.1142/S1793812009000024>
- Покритан, А., Зверяков, М. (1994). Сучасна криза і практика реформ. *Економіка України*. № 7. С. 14—25.
- Зверяков, М. (2024). Структура національної економіки в умовах глобальних змін. *Економіка України*. 67. 12(757). 3-25. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2024.12.003>
- Зверяков, М. (2020). Економічний розвиток в епоху становлення «цифрового капіталізму». *Економіка України*. 63. 8(705). 3-23. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.08.003>
- Stiglitz, J. (2016). The State, the Market, and Development. *WIDER Working Paper*. No. 1. 51 p. <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2016/044-7>
- Ещенко, П. (2013). Економічне зростання без розвитку: причини і шляхи інноваційного перетворення економіки. *Економіка України*. № 10. С. 4—20. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk\\_2013\\_10\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2013_10_2)
- Новицький, В. (Керівник проекту) (2019). Нова індустріалізація — реальний шанс для України. Моногр. Київ, Аванпост-прим. 79 с. URL: [https://uspp.ua/assets/doc/maket\\_nov\\_2019.pdf](https://uspp.ua/assets/doc/maket_nov_2019.pdf)

Надійшла 18.08.2025

Прорецензована 08.09.2025

Доопрацьована 16.09.2025

Підписана до друку 22.09.2025

## REFERENCES

- Laba, O. (2024). The current state and contradictions of the development of the international system of grant support for the economy in the context of postwar reconstruction of Ukraine. *Economy and Society*. (66). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-59> [in Ukrainian].

- Khaustova, V. (Ed.) (2023). Post-war recovery of Ukraine's economy: problems and solutions. Kharkiv. 240 p. URL: <https://surl.li/kropno> [in Ukrainian].
- Pokrovska, N. (2022). Conceptual principles of post-war reconstruction of Ukraine, economic aspects. *Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*. 4(274). 41-47. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-274-4-41-47> [in Ukrainian].
- O'Hanlon, M., Felbab-Brown, V. (2023). Reconstructing Ukraine: Creating a Freer, More Prosperous, and Secure Future. RAND Corporation. 124 p. URL: [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RRA2200-1.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA2200-1.html)
- Heyets, V. (2020). Socialization and social quality as instruments of the state policy of socio-economic development. *Economy of Ukraine*. 63. 10(707). 3-18. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.10.003> [in Ukrainian].
- Heyets, V. (2025). Socialization and social quality — from turbulence to laminarity. Kyiv, Akademperiodyka. 332 p. <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.535.332> [in Ukrainian].
- Amsden, A. (2024). Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization. Kyiv. 480 p. [in Ukrainian].
- Johnson, Ch. (2023). MITI and the Japanese Miracle. The Growth of Industrial Policy, 1925-1975. 2<sup>nd</sup> ed. Kyiv. 456 p. [in Ukrainian].
- Ling, Ch. (2024). Manipulating Globalization. The Influence of Bureaucrats on Business in China. Kyiv. 256 p. [in Ukrainian].
- Acemoglu, D., Zilibotti, F., Aghion, Ph. (2003). Vertical Integration and Distance to Frontier. *Journal of the European Economic Association*. Vol. 1. No. 2/3. P. 630-638. <https://doi.org/10.1162/154247603322391260>
- Andrusevych, A., Kozak, Z. (2024). Post-war Green reconstruction of Ukraine: processes, stakeholders, public participation. Kyiv, Heinrich Böll Foundation. 83 p. URL: [https://ua.boell.org/sites/default/files/2024-05/racse-report\\_eng\\_2024-5-13\\_1-2.pdf](https://ua.boell.org/sites/default/files/2024-05/racse-report_eng_2024-5-13_1-2.pdf)
- Sen, A. (1977). Rational Fools: a Critique of the Behavioral Foundations of Economic Theories. *Philosophy and Public Affairs*. Vol. 6 (Summer). P. 317-344. URL: <https://www.jstor.org/stable/2264946>
- Kurz, H. (2017). Geschichte des ökonomischen Denkens. München, Verlag C.H. Beck. 124 S.
- Krugman, P., Obstfeld, M. (2003). International economics: Theory and Policy. 5<sup>th</sup> ed. New York, HarperCollins. 685 p.
- Cohen, W. (2010). Chapter 4 – Fifty years of empirical studies of innovative activity and performance. In: Handbook of the Economics of Innovation. Vol. 1. P. 129-213. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01004-X](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01004-X)
- Rodrik, D. (2009). Industrial policy: Don't ask why, ask how. *Middle East Development Journal*. Vol. 1. Iss. 1. P. 1-29. <https://doi.org/10.1142/S1793812009000024>
- Pokrytan, A., Zveryakov, M. (1994). The current crisis and the practice of reforms. *Economy of Ukraine*. No. 7. P. 14-25 [in Ukrainian].
- Zveryakov, M. (2024). Structure of the national economy under global changes. *Economy of Ukraine*. 67. 12(757). 3-25. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2024.12.003> [in Ukrainian].
- Zveryakov, M. (2020). Economic development in the era of “digital capitalism” formation. *Economy of Ukraine*. 63. 8(705). 3-23. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.08.003> [in Ukrainian].
- Stiglitz, J. (2016). The State, the Market, and Development. *WIDER Working Paper*. No. 1. 51 p. <https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2016/044-7>

- Eshchenko, P. (2013). Economic growth without development: reasons and ways of an innovative transformation of the economy. *Economy of Ukraine*. No. 10. P. 4-20. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk\\_2013\\_10\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2013_10_2) [in Ukrainian].
- Novytskyi, V. (Project Manager) (2019). New industrialization is a real chance for Ukraine. Kyiv. 79 p. URL: [https://uspp.ua/assets/doc/maket\\_nov\\_2019.pdf](https://uspp.ua/assets/doc/maket_nov_2019.pdf) [in Ukrainian].

Received on August 18, 2025

Reviewed on September 8, 2025

Revised on September 16, 2025

Signed for printing on September 22, 2025

Mykhailo Zveryakov, Dr. Sci. (Econ.), Prof.,  
Corresponding Member of the NAS of Ukraine,  
Head of the Department of General Economic Theory and Economic Policy  
Odesa National Economic University  
8, Preobrazhenska St., Odesa, 65082, Ukraine

#### FORMATION OF POST-WAR ECONOMIC DEVELOPMENT MODEL BASED ON A REPRODUCTIVE APPROACH

The paper highlights theoretical and methodological approaches to the formation of “catch-up development” model based on a reproductive approach, which is focused on ensuring economic growth through qualitative structural shifts occurring in the process of neo-industrialization of industry. It is emphasized that most modern economic concepts focus mainly on studying the sphere of circulation, while structural transformations in production often remain understudied. At the same time, it is the reproductive proportions that reflect the dialectical unity of the quantitative and qualitative content of economic dynamics, which allows to consider them as an objective indicator of progressive development. In a market environment, these proportions are expressed in the ratio between the volumes of final output and the price levels for factors of production. The necessity of using a reproductive approach for a clear distinction between the concepts of economic growth and development is substantiated: only a synchronous increase in production, labor productivity growth and an improvement in the organic structure of capital can be considered as a manifestation of true economic development based on new industrialization.

The author analyzes peculiarities of the reproductive process in the Ukrainian economy, where in the raw material sectors several cycles of capital reproduction have occurred over the past three decades, while most other industries were characterized by narrowed reproduction, which caused imbalances in the production structure. It is emphasized that in developed countries a gradual change in technological paradigms creates qualitative stages of labor productivity growth, while in Ukraine there is an objective need for state regulation of reproduction parameters. Such control is defined as an important component of industrial policy. The limitations of the mobilization innovation model oriented toward the VI technological paradigm are proven, and the feasibility of the accelerated development model based on new industrialization as an intensive form of the reproductive process is substantiated.

**Keywords:** «catch-up development» model; reproductive approach; intensive type of reproduction; new industrialization; interactive growth management system; institutions of catch-up development.

## ВІДНОСИНИ ВЛАСНОСТІ ТА ЇХ ТРАНСФОРМАЦІЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ (ЛИСТ ДО РЕДАКЦІЇ)

Стаття академіка В. Гейця «Трансформація змісту і структури економічної соціалізації у системі «державна — власність»» (Економіка України. 2025. № 7. С. 3—25. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.07.003>) порушує низку важливих питань теоретичного й практичного значення, які мають міждисциплінарний характер (зокрема, за рахунок широкого використання понять соціальної психології тощо). Власне, це й обумовлює її цінність, оскільки самою темою і використаним науковим апаратом вона підкреслює складність питань економічної політики, які насправді стосуються якщо і не всіх, то багатьох сторін суспільного життя (інколи, здавалося б, далеких від таких понять, як виробництво, торгівля або прибуток).

Упевнений, що ця стаття приверне особливу увагу як теоретиків, так і практиків, які залучені до формування економічної політики. Мені раніше вже доводилося виступати з публікаціями стосовно деяких проблем, які розглядаються в статтях академіка В. Гейця (наприклад, Шаров О. Держава і ринок в умовах сучасної глобалізації: боротьба протилежностей чи синергія взаємодії? Економіка України. 2021. № 7. С. 4—53. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2021.07.041>), тому я хотів би обмежитися лише кількома думками, які виникли в процесі ознайомлення із згаданою працею і які здаються мені важливими для розуміння проблем, порушених її автором.

Перш за все, хотілося б ще раз нагадати, що вираз «невидима рука» використовувався А. Смітом лише двічі: у його «Історії астрономії» і «Теорії моральних почуттів», причому цей термін мав іронічний характер і стосувався не ринкового механізму, а, радше, етичної поведінки людей у ринкових умовах, тобто «невидима рука», яка робить етичними (загальнокорисними) навіть егоїстичні дії комерсантів, — насправді це «рука Бога» (що було абсолютно зрозумілим для його сучасників). Це, власне, і хотів сказати А. Сміт як представник шотландської етичної школи, коли читав в університеті Глазго курси з теології, етики і права. Я звертаю на це увагу зараз, оскільки мені чогось не вистачало, коли я читав у цілому вірні зауваження В. Гейця стосовно того, що «соціалізація і економічна дія взаємопов'язані результатом їх

взаємодії, у якій соціальні норми превалюють, оскільки обумовлюють порівняно вищу ефективність діяльності, ніж власний егоїстичний економічний інтерес. Оскільки ж соціальні є внутрішньо засвоєними, тобто відображаються на психоемоційному рівні в серцях і розумі, то, власне, вони і є тою «керуючою і направляючою силою», яка може розглядатись як «невидима рука» соціального, що спрямовує економічну дію виходячи з особистого інтересу» (Геєць, с. 10). І далі: «Якщо ж до них ще додати мораль, що, згідно з її трактуванням, обумовлює, як і за яких умов особистість може здійснювати морально виправдану дію, то Дж. Елстер (Elster) цілковито правий, що суспільним наукам знадобиться багато світових років, щоб сформувати загальні закономірності людської поведінки, тому доцільно займатися визначенням малих і середніх механізмів діяльності у взаємодії людей. Останні завдяки інтеріоризації соціально обумовлюватимуть у тому числі й економічну діяльність на основі економічної соціалізації» (Геєць, с. 11).

Це «щось» (чого не вистачає) — це ствердження (скоріше, підтвердження) того, що моральні цінності в кожному суспільстві базуються на ідеї Божественного походження. Зрештою, соціальні норми не мають характеру єдиної догми (типу «загальнолюдські цінності»), а залежать від соціуму — навіть від його окремих прошарків (страт). Об'єднати їх може лише релігійна догма. У цьому контексті хотілося б згадати умовний розподіл релігійних цивілізацій за ознакою встановлення пріоритетності у відносинах людини (духовного початку) і природи (матеріального життя). Дхармічна, або індусько-буддійська (за всіх розбіжностей усередині такого конгломерату), цивілізація віддає перевагу людині, її духовному стану, інколи відверто нехтуючи питаннями влаштування її земного життя. Даоїстсько-конфуціанська цивілізація, навпаки, зосереджується насамперед на природі, вимагаючи, щоб людина пристосовувалася до «законів природи» (у тому числі «природних» законів державної влади). Поеднання ж двох пріоритетів є більш властивим цивілізаціям, які базуються на авраамічних релігіях — іудаїзмі, ісламі та християнстві. Саме ці субцивілізації виявилися більш придатними (або більш підготовленими) до економічного розвитку, який, зрештою, забезпечив їм певні переваги в отриманні провідних місць у глобалізаційному процесі (насамперед, наприкінці ХІХ — протягом ХХ ст.).

Другий важливий аспект проблеми — це відносини власності та їх трансформація в сучасних умовах. Я хотів би підкреслити, що ця проблема має два аспекти: 1) трансформація в постсоціалістичному суспільстві й 2) трансформація в умовах сучасної глобальної економіки.

Для України більш болючим виглядає питання трансформації відносин власності в постсоціалістичному суспільстві. Абсолютно вірною, але не врахованою на практиці тезою є твердження про те, що «перш ніж приступити до приватизації, необхідно заново ввести в країні саме поняття власності на виробничі активи і виховати в громадян повагу до законних прав такої власності, що означає інтеріоризувати в населення почуття домінантного значення інституційної обумовленості функціонування відносин

власності, яка формується в результаті соціалізації так званих широких мас населення» (Геєць, с. 14).

На жаль, у нас держава практично самоусунулася від роботи з відродження інституту приватної власності. Звісно, неофітам було легко повестися на ідеї про природний характер приватної власності, який автоматично забезпечує її появу і розвиток. При цьому, однак, було проігноровано те, що в наших умовах саме держава скасувала приватну власність, а тому логічним було б, якби вона і відновила її *status quo ante*. Але цього не сталося, і таке самоусунення держави призвело до кількох негативних наслідків. Одним з них стала відсутність поваги до прав власності (й з боку держави, й з боку окремих бізнесменів-рейдерів, й, найприкріше, з боку широкого загалу суспільства). Причина цього полягає, на мою думку, в тому, що не було відновлено історичної спадковості прав власності. Простіше кажучи, досвід попереднього нехтування правами власності (у період соціалістичної націоналізації) надавав моральні права на нехтування правами самих «народних власників» (нагадаю, власність у СРСР була «загальнонародною»), а потім і нових приватних власників, оскільки, як писав один із батьків-засновників США Дж. Адамс, у той момент, коли суспільство прийме ідею про те, що власність не є священною, як Закон Божий, і що сили закону й суспільної справедливості захищають її, запанують анархія і тиранія. Власність має бути священною або свобода не зможе існувати. Саме таке ігнорування (у вигляді відсутності реституції приватної власності, яка була проведена нашими східними сусідами і країнами Балтії) і призвело до карикатурної приватизації (яка в народі дістала назву «прихвати́зація») і подальшого буму рейдерства (незаконного, часто просто силового захоплення приватної власності). Детальніше про це я писав ще у 2013 р. у статті «Проституція приватної власності» («Дзеркало тижня», 12 квіт.).

А нова приватизація хіба поважала права власників? Залишимо осторонь питання про те, як вираховували частку кожного нового власника... Але і цю власність абсолютна більшість з нас не отримала: по-перше, усі ласі шматочки (великі, важливі й високоприбуткові підприємства) чомусь взагалі не потрапляли до переліку, який публікував для загалу Фонд державного майна України; по-друге, навіть обмінявши свій «ваучер» на права власності якогось підприємства, отримати на підтвердження цього акцію даного підприємства було фактично неможливо; по-третє, міноритарні акціонери не мали жодних прав у вирішенні питань управління новою власністю (у тому числі щодо виплати дивідендів, у результаті чого вони взагалі не виплачувались, а справжні власники й менеджери просто оплачували за рахунок підприємств свої приватні видатки на автомобілі, нерухомість, яхти... і просто переказували кошти на закордонні рахунки). А держава буцім-то цього не помічала, хоча насправді вона також опинилась у власності тих самих новобогатків. У результаті склалася ситуація, коли державні чиновники вважають, що бізнесмени отримали власність, а вони — владу, яку можна і потрібно конвертувати у власність через механізм корупції, який у

їхніх очах виглядає логічним і цілком природним — щоб не сказати легітимним — процесом.

Нагадаємо, що «іменні сертифікати» за безцінь відкрито скуповувались окремими «дилерами», а потім за них (за «іменні»!) права власності отримувала зовсім інша особа (часто-густо «червоні директори», які й забезпечували низьку ціну сертифікатів шляхом невиплати заробітної плати, за що, за на той момент чинним ще з радянських часів законодавством, узагалі то мали б бути притягнуті до кримінальної відповідальності). Отже, абсолютно не дивно, що «в Україні у 2017—2022 рр. домінувала підтримка, по суті, монополії державної власності» (Геєць, с. 15), «...тобто відповідної соціалізації в частині формування поваги до приватної власності та її домінування не відбулося» (Геєць, с. 16).

Виникає логічне запитання: чому приватизацію не було проведено згідно з логікою і міжнародною практикою? Мається на увазі використання інвестицій з боку населення, що дозволяє: а) вирішити питання використання національних заощаджень, б) зменшити розбіжності в доходах різних верств населення, в) залучити широкі маси до підприємництва та інвестиційної діяльності, г) надати потужного імпульсу розвитку вітчизняного фондового ринку і д) гарантувати захист інтересів національної безпеки. Яскравим прикладом такого підходу було рішення щодо продажу на початку 1980-х років до 30 % акцій провідних чилійських компаній (Endesa, Chilectra, Entel тощо) пенсійним фондам. Аналогічний підхід був використаний у Великій Британії (часів уряду Маргарет Тетчер). Але ми «пішли іншим шляхом» і в результаті отримали «олігархічний капіталізм» латиноамериканського типу замість європейського «народного капіталізму». Внаслідок усіх цих «недоліків» (а насправді ключових принципів проведеної приватизації) в Україні «відповідної соціалізації в частині формування поваги до приватної власності та її домінування не відбулося» (Геєць, с. 16), «ставлення до перебування і передачі в приватні руки змінилося з точністю до навпаки» (Геєць, с. 17).

Тепер, що стосується зміни відносин власності в сучасних умовах. Ще 100 років тому англійській філософ Альфред Вайтхенд писав, що в даний момент найбільша кількість проблем у людських відносинах виникає в царині економічної організації. Ідея приватної власності мала просту очевидність у підніжжя гори Синай і навіть у XVIII ст. Коли не було сучасних доріг, водопроводів майже не було, а джерела води належали окремим людям, не було розвинутої системи кредитування, коли, заплативши за що-небудь, означало віддати шматочок золота, коли кожне виробництво було замкнуте в розумних межах — коли світ дійсно був не таким як нині — тоді було абсолютно ясно, що таке приватна власність, незалежно від ходячих юридичних фікцій. Сучасна приватна власність — це в основному юридична фікція, контури якої є абсолютно не ясними.

І дійсно приватна власність як власність конкретної приватної особи за своїм соціальним значенням різко відрізняється від власності великої

корпорації — через їх різні соціальне значення і соціальну роль. Корпоративний власник як власник приватний — це фата-моргана: його часто-густо не можна ідентифікувати, адже він з'являється і зникає в нотатках біржового дилера, жодним чином не беручи участі саме у відносинах власності, які залишаються або великим мажоритарним приватним власникам (якщо такі є), або взагалі найманим менеджерам (результат так званої «революції менеджерів»). І це 100 років тому!

В сучасних же умовах власність узагалі віртуалізується: її навіть не можна надійно виміряти, оскільки її капіталізація залежить від щоденного, щогодинного, щохвилинного руху біржових індексів. Наскільки важливими при цьому стають відносини з державою, продемонструвала різка втрата вартості власності Ілона Маска, щойно президент Дональд Трамп натякнув, що може позбавити його компанії бюджетних замовлень. Власність Маска негайно подешевшала на мільярди доларів, тому що ця власність — це не матеріальна цінність, а просто капіталізовані відносини: з партнерами, з державою, з клієнтами. Власність сучасних супербагатіїв (яка часом сягає десятків і сотень мільярдів доларів, перевищуючи ВВП окремих країн) — це зовсім інші відносини, зовсім інші роль і можливості її власників. Така власність здатна просто звести з розуму її господарів, і вона дуже близька до того рівня усупільнення, який К. Маркс вважав необхідним для **добровільного** переходу до соціалізму. Принаймні такі міркування спадають на думку, коли чуєш про ініціативу Біла Гейтса передати основну суму своєї власності не законним нащадкам, а на благодійність (тобто суспільству).

Як впливає на відносини власності глобалізація, особливо стосовно так званої інтелектуальної власності, яка не йде в ніяке порівняння з інтелектуальною власністю доглобалізаційного періоду, коли авторські права, патенти також цілком логічно капіталізувалися в розумних розмірах? Хоча вже лише пріоритетне використання винаходу дає вельми достатню винагороду. Але глобалізація доводить результати використання старих, доглобалізаційних підходів до абсурдів. Яскраві приклади (у всіх розуміннях) дає нам шоу-бізнес. Авторські права на пісні або музику є цілком логічними. Вони капіталізуються, коли їх виконує автор, який може продати це право іншому виконавцю. Але тепер новітні технології дозволяють тиражувати твори в необмеженій кількості (й не просто виробляючи, скажімо, компакт-диски, а і запускаючи відеозапис в Інтернет). Отримуючи роялті з кожного такого запису, можна швидко стати мультимільйонером. Але ж при цьому забувається, що такі автори не сплачують жодних роялті ані винахідникам цих технологій, ані винахідникам музичних нот або мови. Дійсно, важко уявити собі, щоб хтось оголосив себе свого часу власником вогню, колеса, математичних знань. Було б, мабуть, добре, якби Гарі Оппенгеймер свого часу запатентував ядерну бомбу і відмовився продавати свій патент. Але так це не працювало. Нині ж фармацевтичні корпорації патентують право на ліки, капіталізують його і в такий спосіб обмежують доступ до ліків хворих з бідних країн (приклад з «піратськими» індійськими ліками), просто ігно-

руючи той факт, що ці ліки могли б винайти й інші дослідники, хоча і трохи пізніше. Але діє старий принцип: «переможець отримує все», який занадто дорого обходиться сучасному світовому суспільству.

Дуже цікавим є питання про те, якою саме власністю володіють власники віртуальних активів — скажімо, криптовалют або мультимедійних творів? Здається, розбиратися в цьому повинні не тільки економісти, але й юристи, філософи, соціологи тощо.

Звісно, я не претендую на те, що знаю вірні розв'язки згаданих проблем, але вважаю, що стаття академіка В. Гейця відкриває шлях до широкої дискусії, результати якої (а, головне, їх втілення) можуть кардинально поміняти всю парадигму економічного життя.

З повагою,  
О.М. Шаров,  
професор, доктор економічних наук

Лист надійшов 02.10.2025



<https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.029>

УДК 339.923:004(4-67ЄС)

JEL: F15, K23, L86

**О.С. КАРАСЬ**, канд. екон. наук, доц.,  
доцентка кафедри міжнародної економіки  
Західноукраїнський національний університет  
вул. Львівська, 11, 46000, Тернопіль, Україна  
e-mail: olenakaras1@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0659-0737>

## ФОРМУВАННЯ ЄДИНОГО ЦИФРОВОГО РИНКУ ЄС: ПРАВОВІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

*Здійснено комплексний аналіз формування Єдиного цифрового ринку (ЄЦР) ЄС як стратегічної ініціативи для усунення бар'єрів у цифровому середовищі, стимулювання інновацій і забезпечення захисту прав користувачів. Розглянуто ключові нормативно-правові акти. Окреслено економічний вплив ЄЦР на єдиний внутрішній ринок, розвиток електронної комерції, цифрової інфраструктури і конкурентоспроможності ЄС. Проаналізовано перспективи приєднання країн-кандидатів, зокрема України, до ЄЦР через SWOT-аналіз цифрової інтеграції, запропоновано «дорожню карту» адаптації українського законодавства до цифрового acquis ЄС.*

**Ключові слова:** Єдиний цифровий ринок; Європейський Союз; Загальний регламент із захисту даних (GDPR); закон про цифрові послуги (DSA); цифрова трансформація; правове регулювання; економічна інтеграція; Україна.

У ХХІ ст. цифрова трансформація стала не лише технологічним, а й геополітичним і правовим викликом, що визначає нову парадигму соціально-економічного розвитку. Європейський Союз, прагнучи зміцнити свою глобальну конкурентоспроможність і захистити фундаментальні права громадян у онлайн-просторі, ініціював створення Єдиного цифрового ринку (ЄЦР). Ця ініціатива являє собою одну з ключових складових Стратегії цифрового роз-

Ц и т у в а н н я: Карась, О. (2025). Формування Єдиного цифрового ринку ЄС: правові та економічні аспекти. *Економіка України*. 68. 11(768). 29-42. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.029>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

вितку ЄС і відіграє центральну роль у процесах європейської інтеграції, модернізації внутрішнього ринку, а також забезпечення цифрового суверенітету.

Протягом останніх років провідні науковці досліджували ключові проблеми формування Єдиного цифрового ринку ЄС у правовому й економічному вимірах. Так, О. Андрійчук (Andriychuk, 2023) аналізував трансформацію антимонопольного права в умовах цифрової конкуренції і роль Digital Markets Act у регулюванні платформ. Т. Ерген із співавторами (Ergen et al., 2024) зосередилися на функціонуванні цифрових платформ праці, нерівності й трансформації ринку праці. Ф. Гакер з колегами (Hacker et al., 2022) досліджують регуляторні виклики, пов'язані з штучним інтелектом і доступом до даних у межах ЄС. Крім того, у колективній праці (Novelli et al., 2024) розглянуто юридичні виклики генеративного ШІ в межах правового поля ЄС, включаючи відповідальність, інтелектуальну власність і прозорість.

М. Віл (Veale, 2024) досліджує правові наслідки застосування інформаційних технологій, зокрема, у сфері конфіденційності й цифрових прав. ЄЦР спрямований на усунення бар'єрів у транскордонній електронній торгівлі, гармонізацію цифрового законодавства і створення рівних умов для бізнесу й споживачів на всій території ЄС. У цьому контексті на особливу увагу заслуговують нормативні акти, що формують правову архітектуру цифрового ринку, зокрема Регламент (ЄС) 2018/302 щодо геоблокування, Загальний регламент із захисту даних (General Data Protection Regulation — GDPR), закони про цифрові послуги (Digital Services Act — DSA) і цифрові ринки (Digital Markets Act — DMA), а також проект AI Act.

Проте окремі проблеми даної тематики залишаються недостатньо вивченими і дослідженими.

Отже, **мета статті** — визначити концептуальні засади й правові механізми формування Цифрового єдиного ринку Європейського Союзу як складової нової економічної моделі в умовах цифрової трансформації, обґрунтувати шляхи гармонізації українського законодавства з правовим полем ЄЦР для забезпечення ефективної інтеграції України до європейського цифрового простору.

Для країн-кандидатів, таких як Україна, інтеграція до ЄЦР означає не лише доступ до нових можливостей, а й необхідність суттєвої адаптації правового і економічного середовища. У цьому контексті розглянуто як правові засади функціонування ЄЦР, так і його економічні наслідки для ЄС і країн-партнерів, з фокусом на потенціал цифрової інтеграції України.

Ініціатива створення Єдиного цифрового ринку була проголошена у 2015 р.<sup>1</sup> Його основною метою є забезпечення вільного пересування товарів, послуг, осіб і капіталу в цифровому вимірі. Формування ЄЦР Європейського Союзу відбувається в складному багаторівневому правовому середовищі, яке поєднує загальні засади функціонування внутрішнього ринку ЄС з особли-

<sup>1</sup> A Digital Single Market Strategy for Europe. COM(2015) 192 final. *European Commission*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0192> (дата звернення: 31.10.2025).

востями цифрового простору. Правова база ЄЦР складається з актів первинного і вторинного права ЄС, рішень Суду ЄС, а також стратегічних ініціатив Європейської комісії. Основною метою є створення цілісного цифрового простору, в межах якого забезпечено вільний рух цифрових товарів, послуг, капіталу і даних без штучних бар'єрів. Первинне право ЄС, зокрема Договір про функціонування Європейського Союзу (ДФЄС), встановлює фундаментальні принципи внутрішнього ринку (ст. 26, 114 ДФЄС), які є підґрунтям для формування цифрового виміру цього ринку. Право на вільний обіг товарів і послуг поширюється і на цифрові продукти, що формально закріплює правову можливість створення ЄЦР. Регламент (ЄС) 2016/679 (GDPR) є основним правовим інструментом у сфері захисту персональних даних. Він запровадив єдині стандарти обробки даних на території ЄС, установивши принципи законності, мінімізації, прозорості та відповідальності. GDPR також містить механізми міждержавної співпраці через Європейську раду з питань захисту даних (European Data Protection Board — EDPB)<sup>2</sup>. Його дотримання є обов'язковим для всіх компаній, які оперують з персональними даними громадян ЄС, незалежно від їх місця реєстрації.

Регламент (ЄС) 2022/1925 Digital Markets Act встановлює правила для великих онлайн-платформ, які мають статус «ворітних» (gatekeepers). DMA забороняє несправедливі практики, зокрема, нав'язування власних послуг, обмеження доступу до ринку або дискримінацію бізнес-користувачів<sup>3</sup>. Метою є забезпечення рівних умов для всіх учасників цифрової економіки.

У контексті цифрових ринків (DMA) gatekeepers («ворітні суб'єкти» або «цифрові воротарі») — це великі онлайн-платформи, які займають системно важливе становище на цифровому ринку і справляють значний вплив на доступ бізнесу до споживачів<sup>4</sup>. Регламент (ЄС) 2022/2065 (DSA) встановлює зобов'язання для цифрових посередників, включаючи хостинг-платформи, соціальні мережі та онлайн-маркети. DSA передбачає зобов'язання щодо прозорості алгоритмів, видалення незаконного контенту й співпраці з наглядовими органами. Уперше запроваджено поняття «системний ризик», який великі платформи мають проактивно ідентифікувати й усувати<sup>5</sup>.

<sup>2</sup> Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council (General Data Protection Regulation — GDPR). *EUR-Lex*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32016R0679> (дата звернення: 31.10.2025).

<sup>3</sup> Regulation (EU) 2022/1925 (DMA) *EUR-Lex*. Regulation (EU) 2022/1925. Digital Markets Act, DMA. *EUR-Lex*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1925/oj/eng>; Regulation (EU) 2022/2065 (DSA) *EUR-Lex*. Regulation (EU) 2022/2065 Digital Services Act, DSA. *EUR-Lex*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/2065/oj/eng> (дата звернення: 31.10.2025).

<sup>4</sup> The Digital Markets Act: ensuring fair and open digital markets. *European Commission*. URL: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/digital-markets-act-ensuring-fair-and-open-digital-markets\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/digital-markets-act-ensuring-fair-and-open-digital-markets_en) (дата звернення: 31.10.2025).

<sup>5</sup> *EUR-Lex. European Union*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/2065/oj/eng> (дата звернення: 12.09.2025).

Директива про електронну комерцію (2000/31/ЄС) визначає базові правила функціонування електронної торгівлі в ЄС. Вона встановлює принцип «країни походження» і відповідальність провайдерів інформаційних послуг, формуючи базову правову інфраструктуру для онлайн-діяльності<sup>6</sup>.

Акт про кібербезпеку (Регламент (ЄС) 2019/881) — єдина система сертифікації ІТ-продуктів у межах ЄС і посилений мандат Європейського агентства з кібербезпеки (European Union Agency for Cybersecurity — ENISA). Це важливий елемент довіри до цифрової інфраструктури, особливо в контексті цифрової трансформації публічного сектору і критичних сервісів<sup>7</sup>.

Регламент (ЄС) 2018/302 щодо запобігання необґрунтованому геоблокуванню є важливою складовою цифрової політики Європейського Союзу, що спрямовується на забезпечення рівного доступу до товарів і послуг у межах внутрішнього ринку. Його ухвалення стало відповіддю на практику дискримінації споживачів на основі їхньої національності, місця проживання або тимчасового перебування. Регламент забороняє обмеження доступу до онлайн-інтерфейсів, блокування або перенаправлення користувачів без чіткої згоди, а також диференціацію умов продажу, таких як ціни, умови оплати чи доставки, за географічним принципом. У цьому контексті він посилює принцип недискримінації в електронній торгівлі, підтримує розвиток конкуренції та забезпечує свободу пересування цифрових товарів і послуг у межах ЄС<sup>8</sup>.

У контексті дослідження важливо окреслити нормативно-правові засади функціонування Єдиного цифрового ринку ЄС, які визначають рамкові умови його розвитку та інтеграції. Узагальнимо ключові елементи правової політики ЄЦР, що відображають багаторівневу структуру правового середовища ЄС, поєднання принципів внутрішнього ринку з особливостями цифрового простору, а також основні регламенти і директиви, що формують нормативну базу цифрової економіки (рис.).

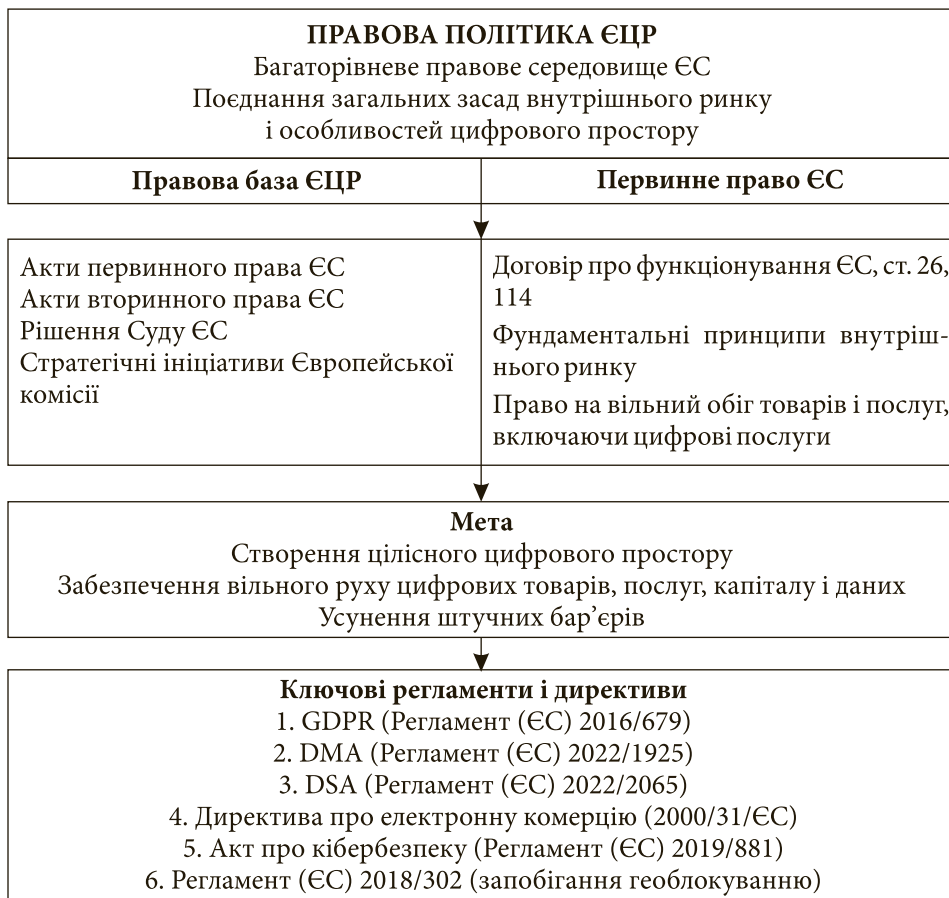
Важливу роль у формуванні й реалізації правової політики ЄЦР відіграють:

- Європейська комісія — ініціює законодавчі акти і координує реалізацію стратегії DSM;
- Суд ЄС — тлумачить норми цифрового права й забезпечує їх уніфіковане застосування;
- Європейська рада з питань захисту даних (EDPB) — координує застосування GDPR;
- Європейська агенція з кібербезпеки (ENISA) — відповідає за стандарти кібербезпеки і сертифікацію.

<sup>6</sup> Directive 2000/31/EC on electronic commerce. *European Union*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0031> (дата звернення: 12.09.2025).

<sup>7</sup> Regulation (EU) 2019/881 — Cybersecurity Act. *European Union*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019R0881> (дата звернення: 12.09.2025).

<sup>8</sup> Regulation (EU) 2018/302 on addressing unjustified geo-blocking. *European Union*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018R0302> (дата звернення: 12.09.2025).



Структурна схема формування і реалізації правової політики ЄЦР  
Джерело: побудовано авторкою.

Проблеми гармонізації національного законодавства з нормами ЄС залишаються викликом. Зокрема, різні підходи до оподаткування цифрових послуг і локальних вимог у сфері електронної ідентифікації уповільнюють інтеграцію. З огляду на це, виявлено такі розбіжності (Савін, 2021):

1) фрагментація законодавства: незважаючи на єдині регламенти, деякі аспекти (наприклад, оподаткування цифрових послуг або цифрова ідентифікація) залишаються у винятковій компетенції держав-членів, що створює бар'єри для інтеграції;

2) гармонізація з правом країн-кандидатів: такі країни, як Україна, повинні адаптувати національне законодавство до *acquis communautaire* у сфері цифрових технологій. Це включає імплементацію GDPR, законодавства про кібербезпеку, а також інтеграцію до системи електронної ідентифікації (eIDAS);

3) регулювання штучного інтелекту (AI Act): ЄС готується до ухвалення окремого регламенту про штучний інтелект (AI Act), який стане наступним етапом у розвитку цифрового законодавства. Він визначить рівні ризиків і правила для використання AI у різних сферах. Основними вигодами є:

- стимулювання інновацій;
- підтримка малого і середнього бізнесу;
- розвиток цифрових стартапів.

Відкритий доступ до Єдиного цифрового ринку дозволяє споживачам скористатися нижчими цінами, ширшим асортиментом товарів і вдосконаленими механізмами захисту прав. Водночас малий бізнес дістає можливість виходу на європейський ринок без необхідності фізичної присутності.

Основні напрями економічного впливу ЄЦР (табл. 1):

1) **зростання продуктивності**. Цифрові технології автоматизують операційні процеси, знижують транзакційні витрати і сприяють масштабуванню малого й середнього бізнесу, який становить понад 99 % усіх підприємств у ЄС;

2) **посилення конкуренції**. DMA і DSA створюють умови для рівного доступу до ринку, знижуючи бар'єри для нових учасників. Це стимулює інновації, особливо у сферах FinTech, EdTech, HealthTech;

3) **інвестиційна привабливість**. Правова визначеність і єдині правила забезпечують сприятливий інвестиційний клімат для транснаціональних технологічних компаній;

4) **розвиток цифрової інфраструктури та інновацій**. Програми, як-от Connecting Europe Facility (CEF Digital), передбачають фінансування цифрових хабів, 5G, штучного інтелекту (AI) і суперкомп'ютерів, сприяючи інноваційному розвитку регіонів.

GDPR залишається головним нормативним актом у сфері захисту персональних даних. Разом з тим зростає загроза кіберзлочинності, що потре-

Таблиця 1. Економічні ефекти ключових нормативних актів ЄЦР

| Акт / Ініціатива           | Основний фокус                          | Очікуваний економічний ефект                                     | Цільова аудиторія                     |
|----------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| GDPR (2016/679)            | Захист персональних даних               | Зниження репутаційних ризиків, посилення довіри споживачів       | Усі компанії, що працюють з даними    |
| DSA (2022/2065)            | Контент, онлайн-посередники             | Зменшення ризиків онлайн-шахрайства, зміцнення споживчої безпеки | Великі платформи, маркетплейси, хости |
| DMA (2022/1925)            | Обмеження монополій «ворітних платформ» | Стимулювання конкуренції, зростання частки МСП                   | Gatekeepers, цифрові стартапи         |
| eIDAS (Регламент 910/2014) | Електронна ідентифікація                | Прискорення кроскордонних цифрових транзакцій                    | Громадяни, держави, компанії          |
| AI Act (очікується)        | Штучний інтелект                        | Контроль за впровадженням AI, підтримка інноваційних моделей     | AI-стартапи, регулятори               |

Джерело: складено авторкою.

бує координації зусиль у рамках Європейської агенції з кібербезпеки (ENISA). Відмінності в цифровій інфраструктурі між державами-членами створюють ризик посилення цифрового розриву. Реалізація програми Digital Europe має згладити цей дисбаланс шляхом фінансування цифрових проєктів у менш розвинутих регіонах<sup>9</sup>.

Україна як країна — кандидат на вступ до ЄС має можливість інтегруватися до ЄЦР шляхом адаптації законодавства до *acquis communautaire* у сфері цифрової політики. Пріоритетами є його приведення у відповідність з вимогами GDPR, участь у програмі EU4Digital<sup>10</sup> і гармонізація ринку телекомунікацій. Отже, для України участь у цифровому ринку має стратегічне значення, тобто дозволить:

1) розширити доступ до внутрішнього ринку ЄС через інтеграцію в цифрову інфраструктуру і взаємне визнання електронної ідентифікації (eID);

2) збільшити експорт цифрових послуг, який уже становить понад 40 % ІТ-експорту України;

3) залучити європейські інвестиції у стартапи та ІТ-інфраструктуру;

4) передати ноу-хау та інтегруватися до спільних інноваційних ініціатив ЄС (Horizon Europe, Digital Europe Programme).

Проте для досягнення цих вигод необхідним є успішне впровадження *acquis* ЄС, особливо в галузях цифрової безпеки, захисту даних і регулювання платформ. З огляду на це, доцільним є проведення SWOT-аналізу, який дозволить виявити сильні й слабкі сторони, можливості й загрози, що супроводжують процес адаптації європейських стандартів у зазначених сферах (табл. 2).

Цифрова інтеграція України до ЄЦР ЄС має великий потенціал для модернізації економіки, підвищення конкурентоспроможності й посилення євроінтеграційного курсу країни. Водночас для ефективного використання можливостей слід усунути внутрішні бар'єри, а саме: оновити законодавство, посилити кіберзахист, розвинути інфраструктуру і забезпечити цифрову інклюзію в усіх регіонах. Це вимагатиме чіткої координації між урядом, бізнесом і міжнародними партнерами (табл. 3).

Цифрове законодавство України перебуває на етапі активного формування й гармонізації з *acquis* ЄС, однак наразі все ще потребує глибокої адаптації до європейських нормативно-правових стандартів у сфері цифрового регулювання. Імплементация GDPR вимагає не лише законодавчих змін, а й створення незалежного наглядового органу. Гармонізація з DSA і DMA є критично важливою з огляду на участь українського бізнесу в глобальних цифрових екосистемах. Інтеграція в eIDAS триває, проте для повної взаємодії необхідно завершити технічну уніфікацію й забезпечити відповідність

<sup>9</sup> European Commission. Digital Europe Programme (2021-2027). URL: [https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/digital-europe-programme\\_en](https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/digital-europe-programme_en) (дата звернення: 31.10.2025).

<sup>10</sup> EU4Digital Initiative. *EU4Digital*. URL: <https://eufordigital.eu/uk/countries/ukraine/> (дата звернення: 31.10.2025).

Таблиця 2. SWOT-аналіз цифрової інтеграції України до ЄЦР ЄС

| Отримані результати                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Сильні сторони</i><br>Розвинутий ІТ-сектор з експортною орієнтацією<br>Досвід цифровізації державних послуг (проект «Дія»)<br>Висока кваліфікація ІТ-спеціалістів<br><br>Геополітична орієнтація на ЄС і підтримка євроінтеграції                                          | <i>Слабкі сторони</i><br>Низький рівень гармонізації законодавства з acquis ЄС<br>Обмежене фінансування цифрової інфраструктури в регіонах<br>Відсутність повноцінної системи кіберсертифікації<br>Фрагментарне впровадження стандартів електронної ідентифікації             |
| <i>Можливості</i><br>Інтеграція до Єдиного цифрового ринку й участь у Digital Europe<br>Доступ до європейських цифрових інвестицій і хмарної інфраструктури<br>Упровадження норм DSA/DMA для захисту прав споживачів<br>Спрощення доступу ІТ-бізнесу до внутрішнього ринку ЄС | <i>Загрози</i><br>Зовнішні кіберзагрози і гібридні атаки<br><br>Високий рівень цифрової нерівності між містами і сільськими територіями<br>Можливі обмеження з боку gatekeepers без узгодженого регулювання<br>Повільна імплементація через політичну і воєнну нестабільність |

Джерело: складено авторкою.

Таблиця 3. Відповідність цифрового законодавства України acquis ЄС

| Сфера регулювання                      | Acquis ЄС (акт / норма)               | Українське законодавство                                           | Ступінь відповідності |
|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Захист персональних даних              | GDPR (2016/679)                       | Закон України «Про захист персональних даних» (2010, ред. 2022 р.) | Часткова              |
| Цифрова ідентифікація                  | eIDAS (910/2014/ЄС)                   | Закон «Про електронні довірчі послуги»                             | »                     |
| Кібербезпека                           | Cybersecurity Act (2019/881)          | Закон «Про основи кібербезпеки України»                            | Висока                |
| Регулювання платформ / маркетплейсів   | DSA, DMA                              | Поки відсутні окремі законодавчі акти                              | Низька                |
| Електронна комерція                    | Директива 2000/31/ЄС                  | Закон «Про електронну комерцію» (2015 р.)                          | Часткова              |
| Право інтелектуальної власності онлайн | IP Enforcement Directive (2004/48/ЄС) | Закон «Про авторське право і суміжні права»                        | »                     |

Джерело: складено авторкою.

стандартам ЄС. GDPR не лише вимагає змін у законі, а й створення незалежного органу (аналог EDPB) — наразі в Україні цю роль формально виконує Уповноважений Верховної Ради України з прав людини. Регулювання платформ (DSA/DMA) — пріоритетний напрям гармонізації, особливо з огляду на велику присутність українських підприємств у екосистемі Google, Meta, Amazon; eIDAS — поступова інтеграція в рамках взаємного визнання електронних підписів, однак повної сумісності технологічних стандартів ще не досягнуто.

«Дорожня карта» гармонізації цифрового законодавства України з *acquis* ЄС є ключовим інструментом для системної та послідовної імплементації європейських нормативів у національне правове поле (табл. 4). Вона розроблена у вигляді поетапного плану, який передбачає конкретні часові орієнтири, відповідність положенням *acquis* і визначення потенційних відповідальних виконавців. Такий підхід дозволяє не лише забезпечити узгодженість з правом ЄС, але й ефективно координувати зусилля органів влади, бізнесу і міжнародних партнерів.

Аналіз «дорожньої карти» гармонізації цифрового законодавства України з Єдиним цифровим ринком ЄС свідчить про системну, поетапну інтеграцію в правове поле останнього. Представлена послідовність адаптаційних заходів охоплює ключові сфери цифрового регулювання — від захисту персональних даних і електронної ідентифікації до відповідальності онлайн-платформ, конкурентної політики, кібербезпеки і електронної комерції. Кожен із семи етапів передбачає не лише імплементацію окремих нормативно-правових актів ЄС, таких як GDPR, eIDAS, DSA, DMA чи Cybersecurity Act, але й істотне оновлення інституційної інфраструктури: створення нових органів, розширення повноважень наявних регуляторів, узгодження процедур сертифікації, а також упровадження міждержавного визнання цифрових рішень.

На особливу увагу заслуговує міжвідомча кооперація, необхідна для забезпечення синхронності змін, що включає Верховну Раду України, профільні міністерства, комітети, а також органи з кібербезпеки, антимонопольного регулювання та інноваційної політики. Крім того, дотримання орієнтовних термінів реалізації залежатиме від наявності ресурсів, політичної волі та зовнішньої технічної підтримки. Гармонізація цифрового законодавства є не лише формальним виконанням зобов'язань у межах євроінтеграційного курсу, а й важливим інструментом модернізації цифрового середовища України відповідно до кращих європейських практик. Реалізація запропонованих кроків сприятиме формуванню ефективної, безпечної і конкурентоспроможної цифрової екосистеми, сумісної з ринком ЄС.

Успішна гармонізація цифрового законодавства України з *acquis communautaire* Європейського Союзу потребує комплексного підходу, що охоплюватиме як політичні, так й інституційні, освітні та комунікаційні аспекти. Ключовими умовами цього процесу є наявність стійкої політичної волі,

Таблиця 4. «Дорожня карта» гармонізації законодавства України з ЄЦР ЄС

| Етап | Сфера / законодавство ЄС                       | Необхідні дії в Україні                                                                                     | Орієнтовний термін, роки | Ключові виконавці                                                                                                                                                    |
|------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | GDPR (Регламент 2016/679)                      | Ухвалення нового закону про захист персональних даних.<br>Створення незалежного органу контролю             | 2024—2025                | Верховна Рада України, Міністерство юстиції України, Уповноважений Верховної Ради України з прав людини (омбудсмен)                                                  |
| 2    | eIDAS (Регламент 910/2014)                     | Адаптація до стандартів ETSI.<br>Упровадження взаємного визнання е-підписів з ЄС                            | 2025                     | Міністерство цифрової трансформації України, Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України, Національне агентство з питань запобігання корупції |
| 3    | DSA (Регламент 2022/2065)                      | Підготовка законопроекту про відповідальність онлайн-платформ.<br>Встановлення механізмів контент-контролю  | 2025—2026                | Міністерство цифрової трансформації України, НКЕК, Комітет цифрової трансформації ВРУ                                                                                |
| 4    | DMA (Регламент 2022/1925)                      | Визначення національного органу для моніторингу gatekeepers.<br>Гармонізація антимонопольного законодавства | 2026                     | Антимонопольний комітет України, Міністерство економіки України                                                                                                      |
| 5    | Cyber-security Act (Регламент 2019/881)        | Запровадження єдиної системи сертифікації кіберпродуктів.<br>Розширення мандату CERT-UA і обмін з ENISA     | 2024—2025                | Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України, Кіберполіція, РНБО                                                                               |
| 6    | Директива про електронну комерцію (2000/31/ЄС) | Оновлення закону «Про електронну комерцію».<br>Визначення правового статусу цифрових посередників           | 2025                     | Міністерство економіки України, Міністерство цифрової трансформації України, Верховна Рада України                                                                   |
| 7    | AI Act (очікується ухвалення)                  | Проведення аналізу ризиків застосування AI в Україні.<br>Створення правової рамки для AI-технологій         | 2026 +                   | Міністерство цифрової трансформації України, Міністерство освіти і науки України, Інститут інноваційної освіти Національної академії педагогічних наук України       |

Джерело: складено авторкою за: Дорожня карта цифрової інтеграції України до ЄС. Міністерство цифрової трансформації України. 2023. URL: <https://thedigital.gov.ua/news/mintsifra-predstavila-onovlenu-dorozhnyu-kartu-integratsii-do-edinogo-tsifrovogo-rinku-es> (дата звернення: 31.10.2025).

Таблиця 5. Ключові умови й заходи для гармонізації цифрового законодавства України з *acquis* ЄС

| Ключова умова                                        | Конкретні заходи                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Політична воля і стабільне законодавче середовище | Забезпечити підтримку цифрових реформ на рівні вищого керівництва держави. Ухвалити законопроекти, узгоджені з нормами ЄС, зокрема GDPR. Провести інституційне зміцнення органів, відповідальних за цифрову політику |
| 2. Міжнародна технічна допомога                      | Забезпечити активну участь у програмах ЄС: TAIEX, Twinning, Digital Europe. Залучити європейських експертів до розробки законодавчих актів. Отримати фінансову й експертну допомогу від партнерів ЄС                 |
| 3. Підготовка і перепідготовка кадрів                | Організувати тренінги для державних службовців. Надати професійну підготовку для юристів і фахівців ІТ-сфери з питань стандартів ЄС. Розробити навчальні курси і сертифікаційні програми у сфері цифрових технологій |
| 4. Ефективна публічна комунікація                    | Провести інформаційні кампанії щодо переваг цифрової інтеграції. Залучити бізнес і громадські організації до діалогу щодо реформ. Розробити інфографіку, вебінари і пояснювальні матеріали для широкої аудиторії     |

*Джерело:* складено авторкою.

забезпечення законодавчої узгодженості з нормами ЄС (зокрема, GDPR), ефективне використання інструментів міжнародної технічної допомоги (Technical Assistance Information Exchange — TAIEX, Twinning, Digital Europe), а також цілеспрямована підготовка кадрів і широка підтримка суспільства (табл. 5). Насамперед, це наявність політичної волі й стабільного законодавчого середовища, що є критично важливим для ухвалення законів, у першу чергу тих, що відповідають вимогам GDPR. Важливу роль відіграє міжнародна технічна допомога через участь України у відповідних програмах ЄС, таких як TAIEX, Twinning і Digital Europe. Не менш важливою є підготовка кадрів, зокрема навчання державних службовців, представників ІТ-сектору й юридичної спільноти нових нормативів. Крім того, ефективна публічна комунікація реформ має забезпечити розуміння й підтримку процесу цифрової інтеграції з боку бізнесу і громадськості.

Реалізація цих заходів є визначальною не лише для юридичної адаптації, а й для поступової інтеграції України до Єдиного цифрового ринку ЄС, що, у свою чергу, сприятиме посиленню національної цифрової безпеки, підвищенню конкурентоспроможності економіки і розвитку інноваційного середовища.

## ВИСНОВКИ

Єдиний цифровий ринок ЄС являє собою не лише стратегічну складову його цифрової трансформації, але й чітко окреслює стандарти функціонування сучасної економіки знань. Правова архітектура ЄЦР формує нормативну основу для прозорості, справедливої і конкурентної цифрової взаємодії між громадянами, бізнесом і державою. Саме тому Україна має невідкладно переходити від декларативних намірів до послідовної реалізації «дорожньої карти» гармонізації з аспис ЄЦР.

У цьому контексті дуже важливими є ухвалення й впровадження нового законодавства у сфері захисту персональних даних, яке б відповідало вимогам GDPR, з паралельним створенням дієвого незалежного наглядового органу. Будь-яке зволікання з цими процесами послаблює інституційну спроможність держави й унеможливорює укладення взаємовизнаних цифрових угод з ЄС. Адаптація до норм eIDAS і забезпечення транскордонного визнання е-підписів з ЄС мають стати технічно пріоритетними завданнями для профільних міністерств. Не менш важливим є формування нормативного поля для DSA і DMA: необхідно чітко окреслити межі відповідальності цифрових платформ, механізми захисту користувачів і забезпечити ефективний антимонопольний нагляд за gatekeepers. Особливу увагу слід приділити створенню національної системи сертифікації кіберпродуктів, що відповідає вимогам Cybersecurity Act, а також налагодженню сталого обміну з ENISA. Це не лише зміцнить кіберстійкість України, а й дозволить забезпечити сумісність з інфраструктурою цифрової безпеки ЄС.

Регіональні диспропорції у доступі до цифрових послуг мають бути усунуті завдяки реалізації цільових державних програм інфраструктурного розвитку, підтримці цифрової освіти і стимулюванню локальних ініціатив. Паралельно має бути активізовано роз'яснювальну роботу в бізнес-колах і серед громадськості щодо сутності й переваг цифрової інтеграції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Andriychuk, O. (2023). EU Digital Competition Law: The Socio-Legal Foundations. *Cambridge Yearbook of European Legal Studies*. Vol. 25. P. 81–104. <https://doi.org/10.1017/cel.2023.12>
- Ergen, T., Antonucci, L., Arslan, M., Singal, S., Harracá, M., Lehdonvirta, V. (2024). On Vili Lehdonvirta's Cloud Empires: How digital platforms are overtaking the state and how we can regain control. *Socio-Economic Review*. 22(4). 2025–2038. <https://doi.org/10.1093/ser/mwae023>
- Hacker, P., Cordes, J., Rochon, J. (2022). Regulating gatekeeper AI and data: Transparency, access, and fairness under the DMA, the GDPR, and beyond. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.04997>
- Novelli, C., Casolari, F., Hacker, P., Spedicato, G., Floridi, L. (2024). Generative AI and EU Law: Navigating the Legal Landscape of Responsibility, IP, and Transparency. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.07348>
- Veale, M. (2023). Rights for those who unwillingly, unknowingly and unidentifiably compute! *SocArXiv*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/4ugxd>

Savin, A. (2020). EU Internet Law. Monograph. 2<sup>nd</sup> ed. Edward Elgar Publishing. 424 p.  
<https://doi.org/10.4337/9781789908572>

Gal, M., Aviv, O. (2020). The competitive effects of the GDPR. *Journal of Competition Law & Economics*. 16(3). 349-391. <https://doi.org/10.1093/joclec/nhaa012>

Надійшла 25.06.2025

Прорецензована 22.07.2025

Доопрацьована 27.07.2025

Підписана до друку 07.08.2025

## REFERENCES

Andriychuk, O. (2023). EU Digital Competition Law: The Socio-Legal Foundations. *Cambridge Yearbook of European Legal Studies*. Vol. 25. P. 81-104. <https://doi.org/10.1017/cel.2023.12>

Ergen, T., Antonucci, L., Arslan, M., Singal, S., Harracá, M., Lehdonvirta, V. (2024). On Vili Lehdonvirta's Cloud Empires: How digital platforms are overtaking the state and how we can regain control. *Socio-Economic Review*. 22(4). 2025-2038. <https://doi.org/10.1093/ser/mwae023>

Hacker, P., Cordes, J., Rochon, J. (2022). Regulating gatekeeper AI and data: Transparency, access, and fairness under the DMA, the GDPR, and beyond. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.04997>

Novelli, C., Casolari, F., Hacker, P., Spedicato, G., Floridi, L. (2024). Generative AI and EU Law: Navigating the Legal Landscape of Responsibility, IP, and Transparency. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.07348>

Veale, M. (2023). Rights for those who unwillingly, unknowingly and unidentifiably compute! *SocArXiv*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/4ugxd>

Savin, A. (2020). EU Internet Law. Monograph. 2<sup>nd</sup> ed. Edward Elgar Publishing. 424 p.  
<https://doi.org/10.4337/9781789908572>

Gal, M., Aviv, O. (2020). The competitive effects of the GDPR. *Journal of Competition Law & Economics*. 16(3). 349-391. <https://doi.org/10.1093/joclec/nhaa012>

Received on June 25, 2025

Reviewed on July 22, 2025

Revised on July 27, 2025

Signed for printing on August 7, 2025

Olena Karas, PhD (Econ.), Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of International Economics  
West Ukrainian National University  
11, Lvivska St., Ternopil, 46000, Ukraine

## EU DIGITAL SINGLE MARKET FORMATION: LEGAL AND ECONOMIC ASPECTS

The formation of the European Union's Digital Single Market (DSM) as one of the EU's main strategic initiatives in the field of digital transformation, legal regulation and economic integration is examined. The legal framework for the DSM functioning is studied, in particular, such key regulatory acts as the General Data Protection Regulation (GDPR), the Digital Services Act (DSA) and the Digital Markets Act (DMA), the eIDAS Regula-

tion and the Artificial Intelligence Act (AI Act). These instruments aim to ensure the protection of personal data, fair competition, algorithmic transparency, reliable identification and the safe implementation of new technologies.

The economic impact of the DSM on productivity growth, support for small and medium-sized businesses, reduction of transaction costs, strengthening of innovation potential, development of digital infrastructure and stimulation of investment is revealed. The challenges and prospects of Ukraine's digital integration into the DSM are analyzed, in particular using SWOT analysis. The strengths of the IT sector, shortcomings of the regulatory framework, as well as opportunities for participation in the EU programs and cybersecurity- and digital inequality-related threats are identified.

A detailed "roadmap" for harmonizing Ukrainian digital legislation with the EU acquis covering seven areas from data protection to AI regulation is proposed. It is emphasized that Ukraine's digital integration is of strategic importance for economic modernization, strengthening cyber resilience and forming a competitive digital state. It is substantiated that the successful implementation of this strategy is possible under the condition of political stability, institutional capacity, personnel training and active involvement of the public and international partners in digital reforms.

**Keywords:** *Digital Single Market; European Union; General Data Protection Regulation (GDPR); Digital Services Act (DSA); digital transformation; legal regulation; economic integration; Ukraine.*



<https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.043>

UDC 330.303.4:338.2

JEL: C45, C53, Q53, Q56

**Olena ZHYTKEVYCH**, PhD (Econ.), Doctoral candidate  
of the Department of Artificial Intelligence, Modeling and Statistics  
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman  
54/1, Beresteysky Ave., Kyiv, 03680, Ukraine  
e-mail: elena.zhitkevich@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2042-8795>

## REVIEW AND SELECTION OF CLUSTERING ALGORITHMS FOR DATASETS IN THE CONTEXT OF COUNTRIES' DECARBONIZATION

---

*This paper explores the importance and applicability of clustering algorithms to high-dimensional datasets in the context of countries' decarbonization potential. The study concludes that Self-Organizing Maps with 3 and 5 clusters offers a balanced trade-off between computational efficiency and interpretability for a dataset used to determine the decarbonization potential of countries.*

**Keywords:** countries' decarbonization potential; clustering algorithms; Self-Organizing Maps; clustering validation metrics.

---

Determining the level of reducing CO<sub>2</sub> and other greenhouse gas emissions at national and international levels is critical for fulfilling global climate commitments. Countries-members of Paris Agreements submit regular reports on Nationally Determined Contributions based on objectively measurable emission reduction indicators. This is particularly relevant for Ukrainian economy due to heavy and nonmodern infrastructure and insufficient development of the monitoring, reporting and verification system during wartime (Kosse, 2023). In its turn, the lack of an effective monitoring and verification complicates transparent reporting and access to international climate

**C i t a t i o n:** Zhytkevych, O. (2025). Review and selection of clustering algorithms for datasets in the context of countries' decarbonization. *Economy of Ukraine*. 68. 11(768). 43-55. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.043>

© Publisher PH «Akademperiodyka» of the NAS of Ukraine, 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

finance. Also, the European Union (EU), by implementing the Carbon Border Adjustment Mechanism is strengthening the requirements for the reliability of data on CO<sub>2</sub> emissions from exports<sup>1</sup>. The lack of such data may negatively affect Ukraine's export opportunities during the war and afterwar recovery period.

Currently, there is no single generally accepted model or methodology that would be fully adapted to Ukrainian conditions or any other country as "all fit model" and it could serve as a guideline for a comprehensive assessment of decarbonization (Banerji, 2021). Countries use different approaches for assessing their decarbonization level, however, none of them is universal, open and adapted to current Ukrainian conditions. Hence, Ukraine must either adapt existing international approaches or develop its own systems for effective decarbonization policy management or use them both as a hybrid approach. Otherwise, it risks being sluggish with the global climate processes.

The author analyzed the most recent papers assessing the decarbonization levels of different countries using methodologies and identified the strengths and weaknesses of each method, thereby selecting the most suitable method. Particularly, in the work of W. Zhou et al. (2023), a clustering of countries by CO<sub>2</sub> trends was carried out based on *K*-means clustering. The database consisted of 182 countries and a period of 1 year of 2023. The advantage of the applied method was determined as a rapid analysis of trends, but the disadvantage is that the number of clusters must be specified in advance. R. Novo et al. (2022) led global clustering of decarbonization scenarios based on time-series clustering. It was noted that the advantage of such a method is the ability to model transition scenarios, but the disadvantage is that the method is difficult to interpret economically. J. Inekwe et al. (2020) conducted a clustering of economic drivers of CO<sub>2</sub> for 72 countries (1990-2018) based on hierarchical and non-hierarchical clustering methods. Thus, the advantage of such an approach was determined as the ability of the method to identify impact groups and the disadvantage was a high sensitivity to data scaling. Z. Li et al. (2020) performed clustering of decarbonization policies, preparing a base of scenarios of 2030 and 2050 globally. The main advantage of the method is working with uncertainty, and the disadvantage of such an approach is defined as the dependence of the result on the scenarios. Y. Hu & L. Weng (2024) examined the primary driving factors of carbon emission from 1990 to 2020 across the 10 countries using the Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) model and the Autoregressive Integrated Moving Average approach was applied to identify the evolutionary trajectories of carbon emission trends. This approach has the advantage of integrating clustering and forecasting, but also the complexity of implementing multi-level models. Another approach based on IPAT/Kaya approach combined with Variance analysis technique for ASEAN countries (1971-2013) has been applied by J. Chontanawat (2018) to conduct a factor analysis of energy CO<sub>2</sub>. The advantage of this

---

<sup>1</sup> Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). *European Commission*. 2021. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3c0285d2-545e-11ec-91ac-01aa75ed71a1/language-en> (accessed: 06.07.2025).

method is its simplicity in calculations and explanation, but the disadvantage is its inability to provide a comparative classification. M. Anser et al. (2024) analysed energy consumption, technological innovation, and economic growth in BRICS countries (1990-2023), based on Gaussian Mixture Models (GMM) panel VAR framework analysis. The advantage of the method is the elimination of endogeneity, and the disadvantage is the poor choice of instruments or lags can lead to biased results or weak identification.

Hence, most studies integrate economic, environmental, energy and social indicators to assess decarbonization, which allows for a deeper understanding of the structure of processes. However, there is a lack of or weak validation of clustering results. Only some studies use validation metrics, and other do not assess the reliability of clusters, this reduces the reliability of the results and limits their comparability. It should also be noted that there is a difficulty in interpreting the results with high data variability. Additionally, many studies cover limited time periods or regions which makes it difficult to generalize the results to the world or Ukrainian context.

Consequently, the **purpose of this article** is to provide overview and select clustering method applicable to the prepared dataset in the context of low carbon strategy of nations.

## OVERVIEWING CLUSTERING METHODS

Clustering is widely used in various fields, including bioinformatics, finance, ecology, and machine learning. It is one of the most common data analysis methods used to automatically group objects into clusters (groups) that have internal similarities and at the same time significantly differ from objects in other clusters (Jain, 2010). The effectiveness of clustering depends on the chosen method, datasets characteristics and the quality of the assessment of the resulting clusters. Also, it is vital to know how to select appropriate clustering method and number clusters before conducting clustering in order to achieve the effective and efficient results.

The main clustering methods, approaches to assessing the quality of clusters and the most popular metrics that help choose the optimal cluster distribution are presented in Table 1 and Table 2.

Considering the main advantages of  $K$ -means method it is important to mention its simplicity, fastness, while its sensitivity to the choice of number of clusters and inability to detect noise make this method not perfect for utilising in decarbonization identification of nations. The HC does not require knowing the number of clusters in advance and provide understandable dendrogram, while it is computationally expensive and difficult to apply for large datasets. The DBSCAN detects clusters of any shape, ignores noise, while requires parameter selection and cause issues with clusters of different densities. The GMM takes into account probabilities, is vulnerable to local minima, while is sensitive to parameters. Hence, these methods also cannot be considered as efficient and effective in the context of decarbonization potential identification.

While SOM provides visualization of high dimensional data and topological structure of obtained groups. Additionally, SOM exhibits linear complexity with respect to the size of the database, making it suitable for analyzing large scale datasets. However, it requires parameter regulation and is associated with slower operation. Although it can provide quite effective results if the clusters are chosen correctly and the results are interpreted.

Accordingly, clustering methods are powerful tools for analyzing complex multidimensional data. The choice of the method and its parameters should be based on the characteristics of a particular dataset, the purpose of the study, and the requirements for interpreting the results. At the same time, to achieve efficiency and effectiveness, it is important to assess the quality of clusters using appropriate metrics (evaluation methods) to select the most adequate data distribution. That's what was explained as the next stage of the paper.

Evaluation methods to be applied for clustering algorithms are divided into internal, external and relative (Datta, Datta, 2003) and their descriptions, formulas and acceptable range of values are presented in a Table 2.

Internal metrics assess the quality of clustering based on the properties of the data structure itself and the resulting clusters without using additional information (reference labels). This is important when “correct” clusters are unknown in advance. They help determine how compact the clusters are, how separate they are, and how well the objects fit their cluster (Manning et al., 2023).

External metrics are used when reference data or labels are available, for example, countries can be pre-classified according to political, geographical or economic

Table 1. Basic clustering methods

| Name                               | Description                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hierarchical clustering (HC)       | It builds a hierarchy of clusters by painful merging (agglomerative) or splitting (divisive) (Murtagh, Contreras, 2012). The result is a dendrogram — a tree of clusters, which allows you to reduce the optimal level of aggregation |
| K-means                            | It is one of the simplest and most popular, it minimizes the sum of the squares of the distances of objects from the center of their cluster (Lloyd, 1982). It requires to specify the number of clusters in advance                  |
| DBSCAN                             | It identifies clusters as a region with a high density of points in space are able to detect irregularly shaped clusters and separate noise (Ester et al., 1996)                                                                      |
| Gaussian Mixture Models (GMM)      | It considers the probability distribution of the data and considers each cluster to describe a certain distribution (McLachlan, Peel, 2000)                                                                                           |
| Kohonen Self Organizing Maps (SOM) | It is a neural network method that transforms multidimensional data into a two-dimensional mesh while preserving topological properties, and effectively visualizes and clusters complex structures (Kohonen, 2012)                   |

Source: compiled by the author.

**Table 2. Internal and external metrics for evaluating the quality of clustering**

| Name                                | Description                                                                                                                                                           | Formula                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Range                                                                 |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <i>Internal metrics</i>             |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                       |
| Silhouette Score (SS)               | It measures the degree of proximity of an object to its cluster compared to other clusters. Values range from -1 to 1, where 1 is a perfect cluster (Rousseeuw, 1987) | $SS = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}, \quad (1)$ <p>where <math>a(i)</math> is the average distance between point <math>i</math> and all other points in the same cluster; <math>b(i)</math> is the minimum average distance between point <math>i</math> and points in any other cluster (Manning et al., 2023)</p>                            | $[-1, 1]$ , where higher values indicate better clustering result     |
| Davis-Bouldin Index (DBI)           | It compares the distances between clusters and the dispersion within them; a lower value means better clustering (Davies, Bouldin, 1979)                              | $DBI = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \max_{j \neq i} \left( \frac{S_i + S_j}{M_{ij}} \right), \quad (2)$ <p>where <math>S_i</math> is the average intra-cluster distance for cluster <math>i</math> and <math>M_{ij}</math> is the distance between the centroids of clusters <math>i</math> and <math>j</math> (Xu, Wunsch, 2022)</p>                       | $[0, \infty]$ , where lower values indicate better clustering result  |
| Calinski-Harabasz Index (CH)        | It determines the ratio between the between-cluster variance and the within-cluster variance; the higher the better (Calinski, Harabasz, 1974)                        | $CHI = \left( \frac{Tr(B_k) / k - 1}{Tr(W_k) / n - 1} \right), \quad (3)$ <p>where <math>Tr(B_k)</math> is the trace of the between-cluster dispersion matrix; <math>Tr(W_k)</math> is the trace of the within-cluster dispersion matrix; <math>n</math> is the number of samples; <math>k</math> is the number of clusters (Halakidi et al., 2021)</p> | $[0, \infty]$ , where higher values indicate better clustering result |
| <i>External metrics</i>             |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                       |
| Adjusted Rand Index (ARI)           | It compares the partition obtained by clustering with a reference partition (Hubert, Arabie, 1985)                                                                    | $ARI = \frac{(RI - \text{Expected}(RI))}{(\max(RI) - \text{Expected}(RI))}, \quad (4)$ <p>where <math>RI</math> is the Rand Index; <math>\text{Expected}(RI)</math> is the expected value of <math>RI</math> for random labelling (Zhou et al., 2024)</p>                                                                                               | $[-1, 1]$ , where 1 indicates the best clustering result              |
| Normalized Mutual Information (NMI) | It estimates the degree of similarity of two clustered groups based on information theory (Strehl, Ghosh, 2002)                                                       | $NMI(U, V) = \frac{2 \times I(U, V)}{H(U) + H(V)}, \quad (5)$ <p>where <math>I(U, V)</math> is the mutual information between clusters <math>U</math> and <math>V</math>; <math>H(U)</math> and <math>H(V)</math> are the entropies of <math>U</math> and <math>V</math> (Strehl, Ghosh, 2002)</p>                                                      | $[0, 1]$ , where 1 indicates the best clustering result               |

Source: compiled by the author.

characteristics, which serve to check the adequacy of the clustering. They help to assess how well the clustering distribution is consistent with existing knowledge or categories (Strehl, Ghosh, 2002).

Therefore, in this stage it is important to know what type of clustering (supervised or unsupervised) is being performed to determine which metrics can be applied.

## **DESCRIBING THE CLUSTER ANALYSIS PROCESS USING COUNTRY DECARBONIZATION DATA**

The following stage is necessary to describe how to conduct the clustering and present the phases of clustering analysis, which consists of data preparation, choosing a clustering method, determining the number of clusters, performing clustering and interpreting and validating the results.

So, the first step is data collection, cleaning and normalization. For most clustering methods, normalization (scaling) is mandatory, since different scales of features can distort distances (Jain, 2010).

Our predefined dataset covers 40 countries, these countries have been selected from the OECD (Turkey, South Korea, Japan, etc.), G7 (United States, Canada, Japan, Germany, France, United Kingdom, Italy), BRICS, European Union, CIS (Azerbaijan, Kazakhstan, Uzbekistan, Ukraine, etc.), North America, Latin America (Mexico, Brazil, Chile), Asia (Thailand, Vietnam), Australasia (Australia, New Zealand), Africa (Algeria, Egypt) and the Middle East (Saudi Arabia, United Arab Emirates). In this study, the choice of countries is primarily due to the availability of reliable and comparable data in the open access and not intended to demonstrate selectivity towards individual alliances or regional groupings. Indeed, the list of countries was formed on the basis of the principle of ensuring representativeness and relevance of information for further analytical conclusions. Regarding the positioning of Ukraine, the author recognizes its historical belonging to the post Soviet space, however, in the context of cluster analysis, this characteristic is not decisive. The study focuses on the possibility of clustering Ukraine into a certain group of countries according to objective criteria of decarbonization potential, which allows avoiding a simplified interpretation of regional affiliation. This approach is aimed at ensuring that the sample serves as the basis for obtaining practical results.

The period of analysis covers 10 years and collect the data per indicator on an annual basis, starting from 2014 to 2023. The total number of indicators is 14, which were selected based on the author's expertise, correlation analysis and socioeconomic factors which have potential impact on decarbonization possibilities of a nation.

The composition of the indicators have been selected from two reports (EnerData<sup>2</sup> and The World Bank<sup>3</sup>) and validated in our previous studies (Zhytkevych, Brochado, 2022; Zhytkevych et al., 2023; Matviychuk et al., 2024): Total energy con-

---

<sup>2</sup> World energy & climate statistics — Yearbook 2023. *EnerData*. 2023. URL: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> (accessed: 06.07.2025).

<sup>3</sup> World Development Indicators. *The World Bank*. 2022. URL: <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037712> (accessed: 06.07.2025).

sumption, Energy intensity of GDP, Coal and lignite trade, Coal and lignite consumption, Oil products balance of trade, Oil products consumption, Natural gas balance of trade, Natural gas domestic consumption, Electricity balance of trade, Electricity domestic consumption, Share of renewables in electricity, Average CO<sub>2</sub> emission factor, GDP per capita growth (annual %), Urban population (% of total population).

It is important to clarify some indicators like the energy consumption is the balance of primary production, external trade, marine bunkers and stock changes; the total energy consumption includes biomass. For the world, marine bunkers are included which induces a gap with the sum of regions. The average CO<sub>2</sub> emission factor (carbon factor) is calculated doing the ratio between emissions over primary energy consumption. Crude oil includes all liquid hydrocarbons to be refined crude oil, liquids from natural gas and semi-refined products. The share of renewables in electricity production is a ratio between the electricity production from renewables (hydro, wind, geothermal and solar) and the total electricity production<sup>4</sup>.

The second phase of the clustering analysis is selecting the clustering method. As we have mentioned that there is no single optimal clustering method. While, the comparative approach tailored to the nature of the data set can provide the most robust option. Hence, the choice of the clustering method depends on the size and structure of the data, the purpose of the study, etc. (for example, for noisy data DBSCAN is can be used, for visualization is SOM recommended). We used SOM method for identification decarbonization potential of countries in our studies.

The third phase is determining the number of clusters. Since in our study we perform unsupervised clustering and do not know “correct” clusters or labels then external metrics cannot be applied. Most methods, except of Hierarchical and Density based ones, require specifying the number of clusters, so it can be done using analysis of internal metrics (see Table 2).

So, we calculated the SC, DBI and CHI indices using formulas (1—3) for selected most popular algorithms (*K*-means, GMM, and SOM) with different number of clusters ( $k = 3, \dots, 8$ ). Their values were computed using Scikit-learn library and visualized as heatmaps in MS Power BI environment (Fig. 1). Scikit-learn is a machine learning library for Python that offers a complete set of algorithms, especially clustering<sup>5</sup>. However, we can see that the presented values have different dimensions (Fig. 1), for example 203.73, 1.27, 0.12, etc., so it was useful to average them for the 3 algorithms and normalize them for better comparative accuracy. Therefore, we standardised *SC*, *DBI* and *CHI* values and taking into account that only *DBI* should as lower as better, we computed average value (*AVR*) of the indices:

$$AVR = \frac{(SC - DBI + CHI)}{3}. \quad (4)$$

<sup>4</sup> World energy & climate statistics — Yearbook 2023. *EnerData*, 2023. URL: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> (accessed: 06.07.2025).

<sup>5</sup> Clustering performance evaluation. *Scikit-learn*. 2024. URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html#clustering-performance-evaluation> (accessed: 06.07.2025).

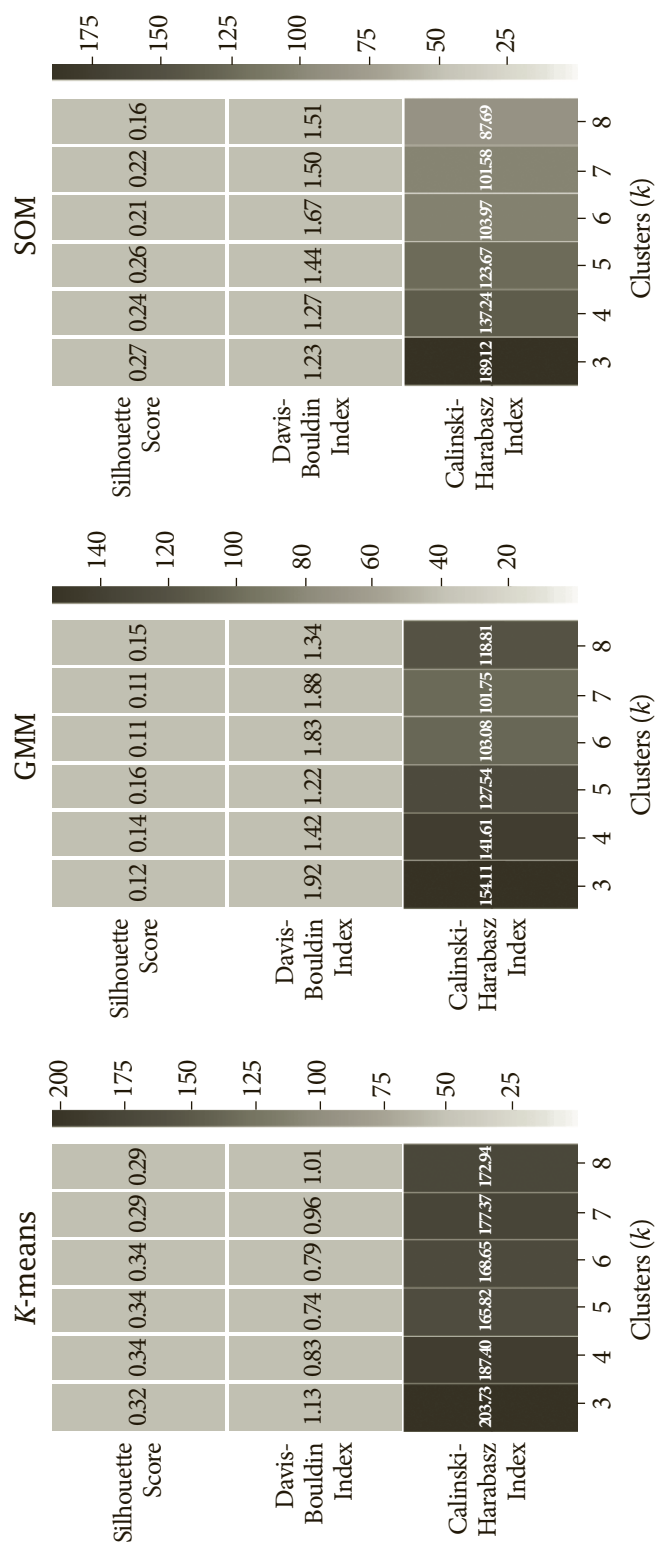


**Fig. 1.** The comparison of indexes for 3 algorithms with different number of clusters  
*Source:* created by the author.

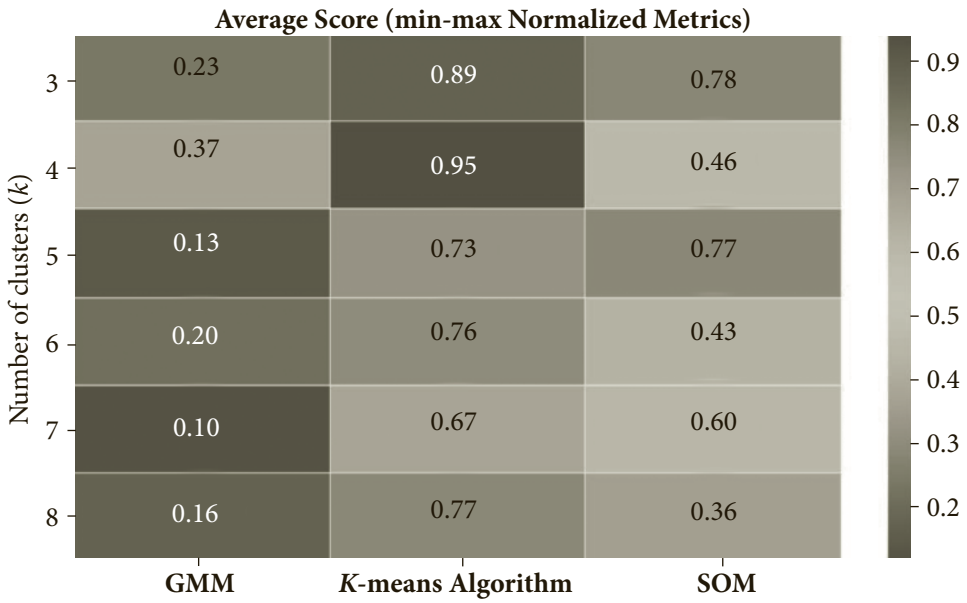


**Fig. 2.** The heatmap of AVR values for K-means, GMM, SOM algorithms with 3, 4, 5, 6, 7, and 8 clusters

Source: created by the author.

The normalised (min-max) results of AVR computing for 3 algorithms using formula (4) and different number of clusters are visualised in Power BI environment and presented in Fig. 2.

The highest AVR value indicates the best choice of the number of clusters for the different algorithms suitable for our dataset. Thus, we see that K-means with 4 and 3 clusters ( $AVR = 0.95$ ,  $AVR = 0.89$  respectively) determines the best result. For SOM  $k = 3$  and  $k = 5$  ( $AVR = 0.78$ ,  $AVR = 0.77$  respectively) also indicate good choice. GMM shows very poor results compared to K-means and SOM for the entire range of clusters, where AVR varies in the range from 0.37 to 0.1 (see Fig. 2).

Since SOM has more advantages compared to K-means, because it offers better possibilities for visualization of clustering results, so can be interpreted analytically, we confirmed our choice of clustering algorithm (SOM with 5 or 3 clusters) by calculating and comparing AVR (based on conducted metrics analysis).

The fourth phase is the application of the selected algorithm to the data with the parameters obtained in the previous stages. The fifth phase is visualization and validating of the results. These two phases with graphical representation of clustering results (SOM with 3 and 5 clusters) of countries according to their decarbonization potential are presented and described in detail in our works (Zhytkevych et al., 2023; Matviychuk et al., 2024).

For external validation in the presence of labels, ARI, NMI can be used and we will implement this phase in our future works.

In addition, monitoring and updating are important in the clustering process, so regular data updates and re-analysis to track changes can be indicated as a necessary clustering step.

Thus, the conducted analysis of clustering methods and metrics allowed us to confirm that SOM with 5 or 3 clusters is a suitable method for our pretrained dataset in the context of determining the decarbonization potential of countries, in particular Ukraine.

## CONCLUSIONS

Therefore, our literature review outcomes determined that clustering can be used to identify the decarbonization potential of countries. Countries that are located in the same cluster, and therefore at similar stages of development, can create a mechanism for cooperation on building a clean energy base, distributing energy storage and developing decarbonization policies. This data can help policymakers better assess, formulate and research decarbonization strategies, as well as take into account historical (typical) common features of carbon emission patterns.

The authors also analyzed and identified the advantages and disadvantages of clustering algorithms, including Hierarchical clustering, *K*-means, DBSCAN, GMM and Kohonen Self Organizing Maps. This study highlights the practical value of applying clustering algorithms such as GMM, SOM and *K*-means to multidimensional socio-economic and environmental data.

The results demonstrate that SOM is well suitable for Big Data analysis due to their linear computational complexity and ability to preserve topological relationships, particularly when the number of iterations and map size are fixed.

A clustering quality score was also provided to compare the effectiveness of the three clustering algorithms. Thus, the application of the clustering methods (GMM, SOM and *K*-means) was tested on a database for assessing the decarbonization potential of various countries, including Ukraine. Hence, SOM showed its efficiency and interpretability, making it a reliable tool for exploratory data analysis and country profiling in the context of determining the decarbonization potential.

However, it is important to mitigate one of the drawbacks of applying SOM by pre-determining the number of clusters in advance. This can be achieved by applying evaluation metrics, in particular formulas (1–3) and determining the exact number of clusters for effective and efficient application. The SOM with 3 and 5 cluster were identified as a balanced trade-off between computational efficiency and interpretability of the dataset used.

In contrast, algorithms such as the GMM have demonstrated the ability to consider each cluster to describe a specific distribution and DBSCAN is able to detect irregularly shaped clusters and separate noise. However, GMM is sensitive to parameters, while DBSCAN requires parameter selection and presents problems with clusters of different densities. This suggests that additional preprocessing is required before applying them to real datasets, making these algorithms inefficient and impractical for our dataset.

Concluding, the clustering in general allows us to identify groups of countries with similar decarbonization characteristics, which can be used for the iden-

tification of appropriate benchmarks for Ukraine. The results obtained can be used to adapt international best practices to the Ukrainian energy infrastructure, which has undergone and is undergoing significant transformations as a result of the war. This provides an analytical basis for the formation of national targeted decarbonization policy.

Overall, the results of the study suggest that no single clustering method is universally optimal. Rather, a comparative approach tailored to the nature of the dataset may provide the most robust conclusions. Future research should focus on combining clustering with supervised learning methods to enhance policy relevance and predictive power.

## REFERENCES

- Kosse, I. (2023). Rebuilding Ukraine's infrastructure after the war. *Policy Notes and Reports* 72. 24 p. URL: <https://wiiw.ac.at/rebuilding-ukraine-s-infrastructure-after-the-war-dlp-6621.pdf>
- Zhou, W., Zhou, J., Hu, G. (2023). Research of varying patterns of CO<sub>2</sub> emissions in 182 countries based on K-means method. *Applied and Computational Engineering*. No. 6(1). P. 1597—1606. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/6/20230480>
- Novo, R., Marocco, P., Giorgi, G., Lanzini, A., Santarelli, M., Mattiazzo, G. (2022). Planning the decarbonisation of energy systems: The importance of applying time series clustering to long-term models. *Energy Conversion and Management: X*. Vol. 15. 100274. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100274>
- Inekwe, J., Valadkhani, A., Smyth, R. (2020). Drivers of carbon dioxide emissions: An empirical investigation using hierarchical and non-hierarchical clustering methods. *Environmental and Ecological Statistics*. No. 20(4). P. 1—40. <https://doi.org/10.1007/s10651-019-00433-4>
- Li, Z., Wang, C., Li, Y. (2020). Using clustering algorithms to characterise uncertain long-term decarbonisation pathways. *Applied Energy*. Vol. 268. 114947. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114947>
- Hu, Y., Weng, L. (2024). Net-zero energy transition in ASEAN countries: The evolutionary model brings novel perspectives to the cooperative mechanism of climate governance. *Journal of Environmental Management*. Vol. 351. 119999. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119999>
- Chontanawat, J. (2018). Decomposition analysis of CO<sub>2</sub> emissions in ASEAN: An extended IPAT model. *Energy Procedia*. Vol. 153. P. 186—190. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.057>
- Anser, M., Ali, S., Umair, M., Javid, R., Mirzaliev, S. (2024). Energy consumption, technological innovation, and economic growth in BRICS: A GMM panel VAR framework analysis. *Energy Strategy Reviews*. Vol. 56. 101587. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101587>
- Jain, A. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*. No. 31. Iss. 8. P. 651—666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>
- Murtagh, F., Contreras, P. (2012). Algorithms for hierarchical clustering: an overview. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*. Vol. 2. Iss. 1. P. 86—97. <https://doi.org/10.1002/widm.53>
- Lloyd, S. (1982). Least squares quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*. Vol. 28. Iss. 2. P. 129—137. <https://doi.org/10.1109/TIT.1982.1056489>

- Ester, M., Kriegel, H., Sander, J., Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In: Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. AAAI Press. URL: <https://cdn.aaai.org/KDD/1996/KDD96-037.pdf>
- McLachlan, G., Peel, D. (2000). Finite mixture models. John Wiley & Sons. 427 p. <https://doi.org/10.1002/0471721182>
- Kohonen, T. (2012). Self-organizing maps. Berlin, Springer. 502 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-56927-2>
- Datta, S., Datta, S. (2003). Comparisons and validation of statistical clustering techniques for microarray gene expression data. *Bioinformatics*. Vol. 19. Iss. 4. P. 459—466. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btg025>
- Rousseeuw, P. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. Vol. 20. P. 53—65. [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)
- Manning, C., Raghavan, P., Schütze, H. (2023). Introduction to Information Retrieval. Cambridge, Cambridge University Press. 542 p. URL: <https://nlp.stanford.edu/IR-book/>
- Davies, D., Bouldin, D. (1979). A cluster separation measure. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. Vol. 1. Iss. 2. P. 224—227. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.1979.4766909>
- Xu, R., Wunsch, D. (2008). Clustering. Wiley IEEE Press. 368 p. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Clustering-p-9780470276808>
- Calinski, T., Harabasz, J. (1974). A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics: Theory and Methods*. Vol. 3. Iss. 1. P. 1—27. <https://doi.org/10.1080/03610927408827101>
- Halkidi, M., Batistakis, Y., Vazirgiannis, M. (2001). On clustering validation techniques. *Journal of Intelligent Information Systems*. Vol. 17. P. 107—145. <https://doi.org/10.1023/A:1012801612483>
- Hubert, L., Arabie, P. (1985). Comparing partitions. *Journal of Classification*. Vol. 2. P. 193—218. <https://doi.org/10.1007/BF01908075>
- Zhou, S., Xu, H., Zheng, Z., Chen, J., Li, Z., Bu, J., Wu, J., Wang, X., Zhu, W., Ester, M. (2024). A comprehensive survey on deep clustering: Taxonomy, challenges, and future directions. *ACM Computing Surveys*. Vol. 57. Iss. 3. P. 1—38. <https://doi.org/10.1145/3689036>
- Strehl, A., Ghosh, J. (2002). Cluster ensembles — a knowledge reuse framework for combining multiple partitions. *Journal of Machine Learning Research*. Vol. 3. P. 583—617. <https://dl.acm.org/doi/10.1162/153244303321897735>

Received on July 14, 2025

Reviewed on August 18, 2025

Revised on August 19, 2025

Signed for printing on August 25, 2025

Олена Житкевич, канд. екон. наук,  
докторантка кафедри штучного інтелекту, моделювання та статистики  
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана  
Берестейський просп., 54/1, 03680, Київ, Україна

## ОГЛЯД ТА ВИБІР АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ НАБОРІВ ДАНИХ У КОНТЕКСТІ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ КРАЇН

Проблема оцінки та моделювання потенціалу декарбонізації країн має вирішальне значення для забезпечення сталого економічного і соціального розвитку на мікро- та макрорівнях. Зважаючи на зростання актуальності великих даних у дослідженні декарбонізації та інтеграцію алгоритмів кластеризації, украй важливо визначити методи кластеризації, які б були масштабованими, надійними й придатними для використання набору даних. Проведений аналіз відповідної літератури свідчить про те, що немає єдиного оптимального методу кластеризації, тому порівняльний підхід, адаптований до характеру набору даних, може забезпечити найкращі результати. Розглянуто широко використовувані методології кластеризації, застосовані до підготовлених наборів даних, зокрема в контексті декарбонізації. Виконано оцінювання якості кластеризації за допомогою її внутрішніх метрик. Дослідження було проведено на попередньо визначеному наборі даних з 14 нормалізованих ключових показників для встановлення потенціалу декарбонізації 41 країни протягом 10-річного періоду. Застосування трьох методів кластеризації (*K*-середніх, GMM і самоорганізованих карт) було протестовано на базі даних для оцінювання потенціалу декарбонізації різних країн, у тому числі України, і сформульовано важливі висновки, зокрема, що самоорганізована карта з трьома і п'ятьма кластерами є найбільш придатною кластеризацією для набору даних, що використовується для визначення потенціалу декарбонізації країн, у тому числі й України. Отримані результати кластеризації можуть бути використані для адаптації передового міжнародного досвіду до української енергетичної інфраструктури, яка зазнала і зазнає значних трансформацій унаслідок війни.

**Ключові слова:** *потенціал декарбонізації країн; алгоритми кластеризації; самоорганізовані карти; метрики валідації кластеризації.*

Надійшла 14.07.2025

Прорецензована 18.08.2025

Доопрацьована 19.08.2025

Підписана до друку 25.08.2025



<https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.056>

JEL: C22, C45, C53, Q41, D81

**KAHOUI Hacen**, PhD (Econ.)

Department of Economics Sciences, University of Tlemcen

P.O. Box119, Tlemcen, 13000, Algeria

e-mail: hacene.kahoui@univ-tlemcen.dz

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1760-2940>

**SARI-HASSOUN Salaheddine**, PhD (Econ.)

Institute of Economics, University Centre of Maghnia

PB 600 AL-Zawiya Road, AL-Shuhada, District, Maghnia, 13300, Algeria

e-mail: s.sarihassoun@cu-maghnia.dz

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7634-2803>

**SAHED Abdelkader**, PhD (Econ.)

Institute of Economics, University Centre of Maghnia

PB 600 AL-Zawiya Road, AL-Shuhada, District, Maghnia, 13300, Algeria

e-mail: a.sahed@cu-maghnia.dz

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2509-5707>

**MEKIDICHE Mohammed**, PhD (Econ.)

Institute of Economics, University Centre of Maghnia

PB 600 AL-Zawiya Road, AL-Shuhada, District, Maghnia, 13300, Algeria

e-mail : m.mekidiche@cu-maghnia.dz

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5001-9250>

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF ARIMA, MLPNN AND HYBRID MODELS FOR FORECASTING NATURAL GAS SPOT PRICES FROM HENRY HUB**

---

*Forecasting natural gas spot prices is vital for effective planning and decision-making. This study compares ARIMA, MLPNN, and a hybrid ARIMA-MLPNN model using data from January 1997 to August 2024, evaluated by RMSE. Results show the hybrid model achieves the highest forecasting accuracy.*

C i t a t i o n: Kahoui, H., Sari-Hassoun, S., Sahed, A., Mekidiche, M. (2025). Comparative analysis of ARIMA, MLPNN and hybrid models for forecasting natural gas spot prices from Henry Hub. *Economy of Ukraine*. 68. 11(768). 56-72. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.056>

© Publisher PH «Akademperiodyka» of the NAS of Ukraine, 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

**Keywords:** *decision making; forecasting natural gas spot prices; autoregressive integrated moving average models; multiple-layer perceptron neural network model; hybrid model.*

---

The natural gas (NG) has a significant impact on the global energy market and is essential to the global economic system. Geopolitical tensions, wars, and developed industries have increased its demand globally in recent years, resulting in sustained growth over several decades (Mishra, 2012). Given that global policies prioritise clean energy and environmental impact, NG is thought to be the most environmentally friendly fossil fuel and represents a good transition from fossil fuels to entirely clean energy (Karabiber, Xydis, 2021). These characteristics have made it one of the most prevalent energy sources globally

The global trade in NG has grown in magnitude, making it the second most actively traded energy commodity after oil. The percentage of liquefied natural gas (LNG) that is traded globally is rising, globally after oil, with a rising share attributed to Liquefied Natural Gas (LNG)<sup>1</sup>.

The natural gas price (NGP) volatility usually makes controlling production costs difficult and has an impact on energy policy. NGP are more uncertain due to a multitude of market factors, such as supply and demand, temperature, commodity substitution, and geopolitical risks, as the resource becomes more orientated towards the market (Zheng et al., 2023). The geopolitical risks that the gas market is susceptible to have been made evident by the conflict between Russia and Ukraine (Umar et al., 2022; Tang et al., 2023). As a result, it is now crucial to predict NGP accurately going forward. NGP are an important market indicator that have a big impact on industry demand and investment as well as national energy security. Therefore, increasing the accuracy of NGP forecasts is essential to help investors, decision-makers, and global energy markets (Sahed et al., 2020a)

Time series forecasting has been approached from many different angles, and over the past forty years, one of the most popular statistical approaches has been ARIMA models. These models' assumption of time series linearity, however, is a drawback because the majority of financial time series are currently non-linear (Aslanargun, 2007). For this reason, approaches based on machine learning techniques — like artificial neural networks (ANN) — have gained popularity as a way to improve forecasting performance (Alegado, Tumibay, 2020). One subtype of ANN is the multi-layer perceptron neural network (MLPNN). These models have been successfully employed to handle uncertainties, linearity, or non-linearity of systems across a wide range of disciplines including engineering, science, economics, medical diagnosis, signal processing, and control systems

However, no universal model is suitable for all applications. Therefore, forecasting accuracy can be improved by combining two different models and applying them to the same dataset rather than relying on a single model. Consequently, se-

---

<sup>1</sup> The LNG industry in 2025. GIIGNL Annual Report, 2025. 76 p. URL: <https://files.elfsightcdn.com/eafe4a4d-3436-495d-b748-5bdce62d911d/5a159954-fafb-4af9-a613-dca88e2a1736/GIIGNL-Livre-2025-20250610.pdf>

veral studies have explored the application of hybrid techniques that leverage the advantages of two or more individual models. In 2003, G. Zhang proposed a hybrid ARIMA-ANN model (Zhang, 2003), which has been shown to offer flexibility in modeling nonlinearities and uncertainties. While each model has its strengths, hybrid approaches that combine linear and nonlinear methodologies can achieve superior forecasting accuracy by leveraging the advantages of each component. For example, in applications such as wind speed forecasting in three different regions of Mexico (Cadenas, 2010), short-term traffic flow forecasting (Zeng, 2008), and time series forecasting of exchange rates (Mucanj, 2017), this hybrid model outperformed both ARIMA and ANN models in one-step forecasting.

**The purpose of this article** is to evaluate and compare the forecasting performance of three different models, the statistical ARIMA model, the machine learning-based MLPNN model, and a hybrid ARIMA-MLPNN model. By applying these models to monthly natural gas spot price data covering the period from June 1986 to August 2024, the study aims to determine which model provides the highest predictive accuracy and robustness, especially under periods of market volatility and structural changes. The results are intended to support more informed and effective decision-making in energy pricing, planning, and investment, providing insights into the suitability of each model for future market predictions.

Natural gas is one of the most widely traded commodities and has a significant impact on various global activities. B. Soldo et al. (2014) categorised the literature up until the end of 2010 on forecasting NG consumption based on a variety of factors, including the year of publication, the forecasting horizon, the applied area, the frequency of data, the types of input data, and the forecasting tools utilised. J. Tamba et al. (2018) forecasted consumption by considering production, income elasticity, price increases, market volatility, and price hikes. H. Nguyen & I. Nabney (2010) used an MLP-based ANN model to forecast monthly NGP, with its accuracy slightly lower than the GARCH model. S. Hosseiniipoor (2016) aimed to forecast future NGP in Indonesia using the ARIMA model. He found that GARCH (1,1) model was the best-fitting model, as it yielded the lowest mean square error. M. Akpınar & N. Yumusak (2016) forecasted a city's natural gas consumption using ARIMA, Holt-Winters, and time series decomposition, finding that ARIMA and Seasonal ARIMA models had the highest accuracy, improving with increased model complexity. A. Sahed et al. (2020b) compared a nonlinear autoregressive neural network (NAR) model with the ARIMA model for forecasting NGP, finding both models yielded similar results, but the NAR model was more suitable. On the other hand, many scholars employ ANN to forecast NGP, demand or consumption. S. Park & J. Kim (2014) used ANN for short-term NGP prediction, finding that a network with six inputs and ten hidden nodes minimized prediction error, making it the most effective model. J. Szoplik et al. (2015) used the MLP model to forecast NGP consumption in Szczecin, Poland, finding that the 22-36-1 MLP model effectively predicted daily and hourly NG consumption year-round. M. Ram et al. (2019) forecasted the monthly NGP in five European gas hubs and exchanges using ANN. The results demonstrated that ANN

prediction is of a high degree of accuracy. C. Wang et al. (2019) forecasted long-term monthly spot NGP using the back-propagation neural network (BPNN) forecasting method. The numerical test results demonstrated that this method can provide accurate forecasting results. O. Karabiber & G. Xydis (2021) presented the most recent research on selecting the best predictive model for the day-ahead NG consumption based on ANN and ARIMA models as well as benchmark model's Trigonometric seasonality, Box-Cox transformation, ARMA errors, Trend, and Seasonal components (TBATS) was the main goal of the work and the best model for prediction NGP. When it comes to hybrid models, M. Akpinar et al. (2017) developed one in order to forecasts NG demand. They demonstrate that their artificial bee colony trained ANN is more accurate than backpropagation trained ANN. In their comparison of a deep neural networks (DNN) forecasting results versus those of linear regression and ANN. M. Su et al. (2019) suggested using the autoregressive neural network (ARNN) to predict daily spot NGP. Through a cross-validation analysis, the mean squared error of the ARNN model was approximately 33% better than that of ARIMA. J. Li et al. (2021) proposed a hybrid model combining DBN, PSO, and VMD to forecast monthly Henry Hub NGP, outperforming traditional models and aiding investment strategy development. S. Gao et al. (2021) used a new class of hybrid models to assess how structural instability and regional features affect NGP forecasts. These models allowed for both abrupt and gradual changes in variance and mean, respectively. From January 1992 to December 2019, they made use of data from the US, EU, and Japanese markets. They established that allowing for distinct time-varying dynamics of the model parameters was essential for NGP forecasting. The models that allowed drastic changes in volatility and gradual changes in coefficients perform the best in forecasting for Japan and the EU, while the majority of forecasting gained for the US seem to have come from allowing gradual changes in volatility. B. Jin & X. Xu (2024) used a non-linear auto-regressive neural network model to forecast Henry Hub NGP, with results that can be integrated into policy or technical analysis. However, S. Sari-Hassoun et al. (2025) used a hybrid ARMA-GARCH-MLP and Prophet model to forecast weekly spot oil prices, with results aligning closely with the International Energy Agency (IEA) forecasts.

Despite the growing interest among researchers in forecasting natural gas prices, several critical gaps remain unaddressed. First, there is still no clear consensus on which modelling approach — statistical, machine learning, or hybrid — provides the most accurate and reliable forecasts under varying market conditions and timeframes. Second, only a limited number of studies have effectively integrated both linear and nonlinear models to fully capture the complex behavior of natural gas prices, particularly in the presence of structural breaks and prolonged volatility caused by global disruptions such as the COVID-19 pandemic and the Russia-Ukraine war. Third, empirical comparisons of ARIMA, MLPNN, and hybrid ARIMA-MLPNN models based on long-term datasets spanning over three decades are still rare, especially those that explicitly assess the models' robustness during recent periods of global instability.

## DATA & METHODOLOGY

**Data collection.** To apply the theoretical aspects represented by the ARIMA, MLPNN and hybrid ARIMA-MLPNN model, we collected a dataset consisting of 459 observations of the monthly spot price of natural gas during the period of June 1986 to August 2024. The data are obtained from Index Mundi<sup>2</sup> and the data are in US Dollars per Million Metric British Thermal Unit.

This dataset was divided into a training phase and a testing phase for our models. The training phase covered the period from June 1986 to May 2016, while the testing phase was during June 2016 to August 2024. Python was used to perform the calculations.

**The ARIMA Model.** ARIMA models, introduced by Box and Jenkins in 1976, are among the most well-known methods for forecasting time series data (Dritsaki et al., 2021). ARMA models  $(p, q)$  consist of autoregressive AR( $p$ ) models of order  $p$ . The formula for an autoregressive process of order  $p$  (AR( $p$ )) is represented as follow (Mahia, 2019):

$$Y_t = a_t + \sum \theta_i y_{t-i} + \mu_t.$$

Moving average MA( $q$ ) models of order  $q$ . the MA( $q$ ) process can be expressed as follows:

$$Y_t = a_t + \sum \theta_i \varepsilon_{t-i}.$$

When the series is not stationary, an additional component called the first differences of order  $d$  is incorporated, resulting in the ARIMA  $(p, d, q)$  model and the formula is as follows (Atique et al., 2019):

$$Y_t = a_t + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t.$$

**Multilayer Perceptron Neural Network model (MLPNN).** It is a type of artificial neural network that has received significant attention from researchers due to its simplicity and successful applications in various fields (Nanda et al., 2023). It is considered one of the most widely used types for predicting time series. The network consists of an input layer (which performs no processing) and includes at least one hidden layer and one output layer. First, the input layer consists of data sets and  $p$  nodes connected to the hidden layer. In time series forecasting, MLPNN is provided with past delayed values of the actual data represented as an input vector  $(y_{t-1}, \dots, y_{t-p})$ . Then, the hidden layer is determined based on the specific study. At this stage, selecting the type of activation function is crucial, as it defines the relationship between the input and output layers (Ali et al., 2017). Commonly used activation functions include the sigmoid function, the hyperbolic tangent function, and the linear activation function. The formula for the hyperbolic tangent activation function is formulated as follow (Cifuentes et al., 2020):

$$\lambda(f) = \frac{2}{(1 + e^{2n})} - 1.$$

<sup>2</sup> *Index Mundi*. Accessed on 03/12/2025. URL: <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=natural-gas&months=360>

Finally, the output layer, which comes after determining the activation function and the appropriate number of nodes in the hidden layer, the outputs of the neural network are used to predict future values of the time series. The function used for forecasting takes the following formula (Khashei, Hajirahimi, 2019):

$$Y_t = a_0 + \sum_{j=1}^n a_j f \left( \sum_{i=1}^m B_{ij} y_{t-1} + B_t \right) \varepsilon_t.$$

where  $m$  is the number of input points;  $n$  is the number of hidden nodes;  $f(x)$  represents the activation function  $\{a_j, j = 0, 1, \dots, n\}$  is the weight vector from the hidden layer to the output nodes;  $\{B_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 0, 1, \dots, n\}$  represents the weights from the input layer to the hidden layer nodes.

**The hybrid model.** The hybrid model, proposed by G. Zhang (2003), combines a linear model with a nonlinear model to address the shortcomings that may arise when using either model alone (de Araújo Morais, da Silva Gomes, 2022). Relying on a single model can lead to errors or inaccurate results, whereas the hybrid model improves the accuracy of future forecasts and reduces these errors. It is also considered an effective tool for enhancing the quality of future forecasting (Skopal, 2015).

It is often assumed that a time series consists of both linear and nonlinear patterns. Based on this assumption, the series can be effectively represented as the combination of two distinct components: a linear structure and a nonlinear component. That can then be represented as follows (Ming et al., 2014):

$$y_t = L_t + N_t$$

where  $L_t$  denotes the linear component and  $N_t$  denotes the nonlinear component. In brief, the proposed hybrid system methodology consists of two main steps (Xiao et al., 2014).

In the first step, the ARIMA model is applied to forecast the linear component of the future values. The residuals, which represent the portion of the data not explained by the ARIMA model, are then extracted. These residuals are calculated as follows:

$$\hat{e}_t = y_t - \hat{L}_t.$$

In the second step, the residuals reflecting the nonlinear patterns in the data are modelled using artificial neural networks (ANN), since the ARIMA model is not capable of capturing the nonlinear structure inherent in the time series. According to study of L. Wang et al. (2013), the final forecasted is calculated as follows:

$$\hat{y}_t = \hat{L}_t - \hat{N}_t.$$

**Performance and Evaluation of the Models.** In order to evaluate the performance of the forecasting model, three metrics were used to measure forecasting accuracy and compare the performance of different ARIMA and hybrid models: root mean squared error (RMSE), mean absolute error (MAE), and coefficient of determination ( $R^2$ ) (Chicco et al., 2021).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2};$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |y_t - \hat{y}_t|;$$
$$R^2 = 1 - \frac{SSR}{SST}.$$

EMPIRICAL RESULTS AND DISCUSSION

**Statistics description.** Table 1 presents the descriptive statistics of the data. The average price is 1.366 US dollars per million metric units, with a maximum value of 4.049 and a minimum of 0.294. The median price stands at 1.177, indicating that half of the observations are below this value. The standard deviation is 0.851, reflecting a moderate degree of dispersion around the mean. The kurtosis value is 2.153, which is less than the benchmark value of 3, indicating that the distribution is platykurtic, or flatter than a normal distribution. Meanwhile, the skewness is 0.591, suggesting a positive skew, meaning the distribution has a longer right tail.

**ARIMA model estimation.** In order to implement the ARIMA model for time series forecasting, it is crucial to follow a systematic approach that ensures the robustness and accuracy of the model. To achieve this, the time series data are divided into two distinct stages, which are training and testing stage. 367 observations are allocated to the training stage, which served as the foundational dataset for building of the three model parameters. The remaining 92 observations were reserved for the testing stage, which was later used to evaluate the models out-of-sample forecasting ability and validate its predictive performance.

At training stage, and before applying the Box-Jenkins (B-J) methodology, it is essential to verify one of the fundamental assumptions of the ARIMA modelling process, which is the stationarity of the time series. A stationary series is characterized by constant statistical properties over time (mean, variance, and autocorrelation structure). This condition is necessary, because the ARIMA model assumes the underlying data-generating process is stationary to produce reliable forecasts.

Figure 1 below illustrates the evolution of natural gas prices over the study period, showing noticeable fluctuations in price movements. It also illustrates how the data was divided into training and testing phases.

In order to verify whether the time series under study is stationary or non-stationary, this paper employs both the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test and the Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) test. Both tests provide a more robust assessment, as the ADF test has a null hypothesis of non-stationarity (presence of a unit root), while the KPSS test assumes stationarity under the null hy-

Table 1. Results of Descriptive Statistics

| Mean  | Median | Maximum | Minimum | Std. Dev | Skewness | Kurtosis |
|-------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 1.366 | 1.177  | 4.049   | 0.294   | 0.851    | 0.591    | 2.153    |

Source: was compiled by the authors by Python.

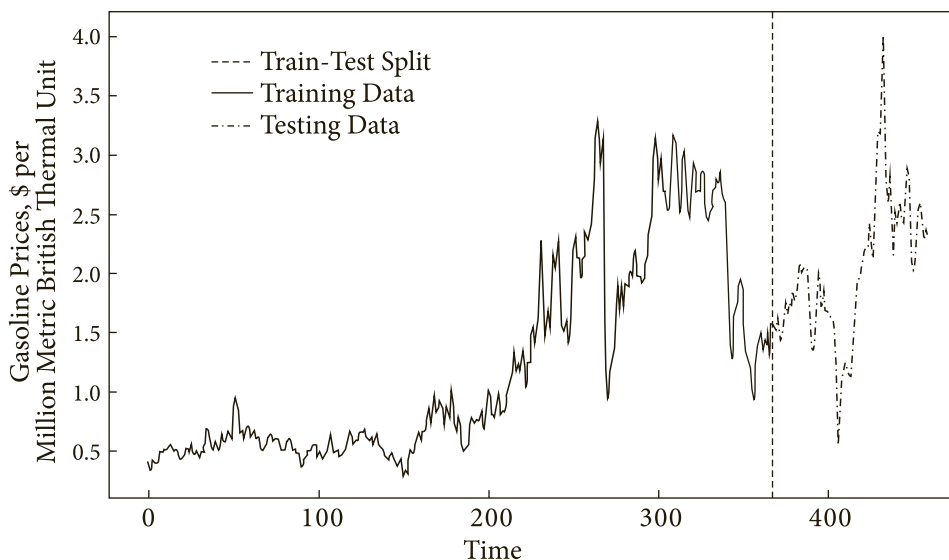


**Fig. 1.** Evolution of Natural Gas Prices

Source: done by authors using Python.

**Table 2. Results of the Stationarity Tests**

| <i>t</i> -Statistic | Prob  | Lags Used | Decision       | <i>t</i> -Statistic     | Prob | Lags Used | Decision   |
|---------------------|-------|-----------|----------------|-------------------------|------|-----------|------------|
| <i>At level</i>     |       |           |                | <i>First Difference</i> |      |           |            |
| <i>ADF</i>          |       |           |                |                         |      |           |            |
| -1.325              | 0.618 | 8         | Non-stationary | -9.722 *                | 0    | 7         | Stationary |
| <i>KPSS</i>         |       |           |                |                         |      |           |            |
| 2.373 **            | 0.010 | 11        | Non-stationary | 0.039                   | 0.1  | 2         | Stationary |

Notes: \* and \*\*— refer to the significance level at 1, 5 and 10%.

Source: done by authors using Python.

pothesis (the opposite of ADF). The results of these two complementary tests are presented in Table 2.

The results presented in Table 2 reveal the outcomes of the stationarity tests. At the level, the ADF test shows a statistic of  $-1.325$  with a  $p$ -value of  $0.618$ , meaning that the series is non-stationary, as the null hypothesis of a unit root cannot be rejected. Similarly, the KPSS test produces a statistic of  $2.37$  with a  $p$ -value of  $0.01$ , indicating the rejection of the null hypothesis of stationarity. However, in the first difference, both tests assume that the series becomes stationary. The ADF test indicates a statistic of  $-9.722$ , with a  $p$ -value of  $0$ , suggesting that we cannot reject the alternative hypothesis, rather we accept it. The KPSS test shows a statistic of  $0.039$  with a  $p$ -value of  $0.1$ , indicating that the null hypothesis of stationarity cannot be rejected, rather it is accepted.

After ensuring the stationarity of the series, the ARIMA model for the time series data was determined using the Akaike Information Criterion (AIC). In this study, various combinations of the parameters  $p$  and  $q$  were compared to determine the optimal lag order. As a result, the best model selected is ARIMA (2, 1, 1), with an AIC value of  $-374.808$ . Regarding the residual tests, the Jarque-Bera test indicates that the residuals are normally distributed ( $p$ -value = 0.96). The heteroskedasticity test shows evidence of constant variance ( $p$ -value = 0.255), while the Durbin-Watson statistic is 2.45, indicating the absence of first-order autocorrelation in the residuals.

**The MLPNN Model estimation.** The following steps outline the procedure adopted in developing and evaluating the MLPNN model. The first one is the data standardization, which is about to standardize data to ensure that all input features were scaled within a uniform range, thus improving the convergence of the learning algorithm and preventing dominance by features with larger numeric ranges. The normalization process was carried out using the min-max scaling technique, expressed by the following formula

$$x_{\text{scaled}} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}.$$

This transformation maps the input data to a range between 0 and 1, which is particularly beneficial when using activation functions that are sensitive to the scale of input data. The second phase is the data partitioning, which indicates that the time series dataset was divided into two separate subsets to facilitate model training and validation. 360 observations were allocated to the training phase, and to train the neural network by adjusting its internal parameters (weights and biases) through an iterative learning process. The remaining 99 observations were allocated to the testing phase, which was used to evaluate the model generalization ability and assess its predictive performance on previously unseen data. The third step is the network structure determination, which shows the identification of the most appropriate architecture for the MLPNN model with testing several configurations. The selection of input neurons was based on the concept of time delay embedding, which helps capture the temporal dependencies in the time series data. A time delay of 2 was adopted, resulting in 2 inputs neurons being used in each case. This means that the model used two previous time steps to predict the next value in the series.

Furthermore, three configurations of the hidden layer were evaluated by varying the number of neurons, which are 5, 10, and 20 neurons. These configurations were chosen to analyse the impact of the network's complexity on its predictive performance. Increasing the number of neurons generally allows the model to capture more complex patterns, but it also increases the risk of overfitting if not properly managed. Besides, the hidden layer utilized the Rectified Linear Unit (ReLU) activation function, which is widely recognized for its computational efficiency and effectiveness in addressing the vanishing gradient problem. ReLU introduces non-linearity into the model, enabling it to learn complex relationships in the data. Then, RMSE, MAE, and RI are used to assess the predictive performance of the network and determine the best configuration.

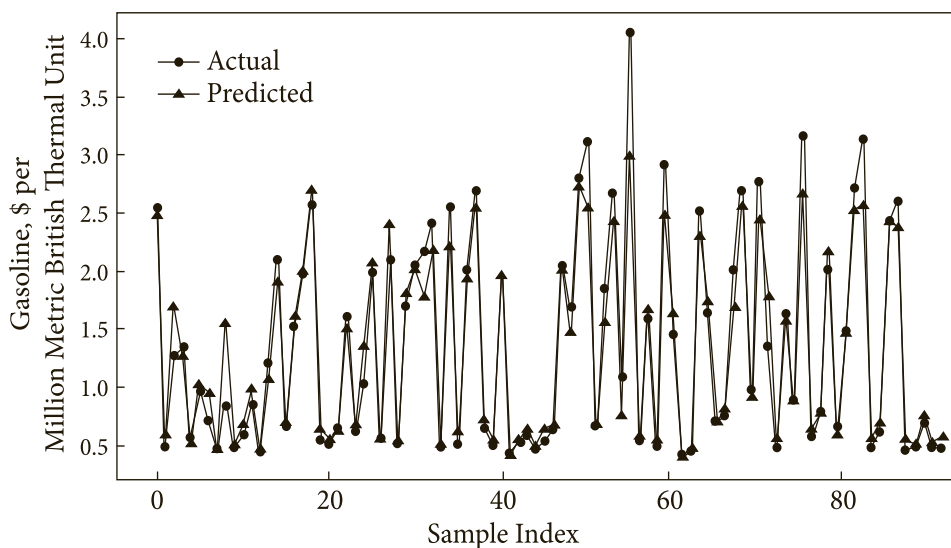


**Fig. 2.** Comparison of actual and predicted values using a MLPNN model with 10 hidden neurons

Source: done by authors using Python

The results of the evaluation indicate that the model's structure, comprising two input neurons, a hidden layer with 10 neurons activated by the ReLU function, and a single output neuron with a linear activation function, proved to be the most effective configuration according to the evaluation criteria applied, thus the MLPNN model is written as MLPNN (2, 10, 1). Figure 2 below shows the comparison between the actual and predicted values of a MLPNN model consisting of 10 hidden neurons. This configuration provided a good balance between model complexity and generalization capability.

The Figure 2 indicates that the predicted values closely follow the general trend of the actual data. Although there are some discrepancies, particularly in data where the actual values exhibit sharp fluctuations or extreme peaks, the model demonstrates an overall good performance in approximating the observed data. This is consistent with the statistical evaluation metrics obtained for this configuration, where RMSE is 0.328, MAE is 0.272, and RI is 0.866. These results confirm the model's effectiveness in capturing the underlying patterns of the data and its suitability for time series prediction tasks. In summary, the MLPNN model, with its carefully selected architecture and parameters demonstrates strong predictive capabilities in forecasting. The model's structure, comprising two input neurons, a hidden layer with 10 neurons activated by the ReLU function, and a single output neuron with a linear activation function, proved to be the most effective configuration according to the evaluation criteria applied.

**The hybrid model estimation.** The residual series, which capture the linear unexplained components, was extracted following the estimation of the ARIMA (2, 1, 1) model. In order to estimate the nonlinear structure that ARIMA was unable to capture, this residual series was then used as input data for the MLPNN model.

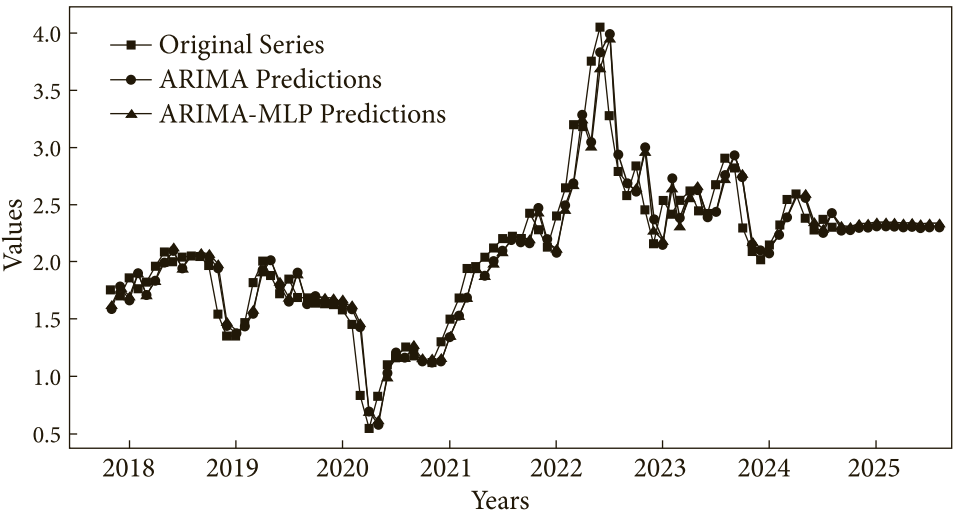


**Fig. 3.** Graphical representations NGP with original series, ARIMA model and hybrid model  
*Source:* done by authors using Python

Then, to identify the most effective neural network structure, several MLPNN architectures were tested and rigorously evaluated based on the RMSE, MAE and  $R^2$  criterions. Therefore, the architecture of neural network structure was selected according to these criterions, and the optimal one demonstrates superior predictive accuracy and generalization capability. The optimal ARIMA-MLPNN (hybrid model) architecture selected is composed of two neurons as input layer, 64 nodes in the first hidden layer, and 32 nodes in the second hidden layer, while in the output layer, there is only one single neuron.

**Outcomes of ARIMA, MLPNN and ARIMA-MLPNN models.** Table 3 describes the comparison among three forecasting model as follow.

According to result from Table 3, it shows that ARIMA-MLPNN has the lowest value of RMSE and MAE, while it has the highest value of  $R^2$ , meaning that the hybrid model is the optimal model for forecasting data in this case. This outcome establishes that the hybrid model provides more stable predictions and a stronger ability to explain variance in the data. This suggests that this model effectively captured underlying patterns in the time series, making it a reliable option for accurate and consistent forecasting. Moreover, both the ARIMA model and the hybrid

ARIMA-MLPNN model proved to be superior compared to MLPNN. The ARIMA model is ideal for minimizing large forecast errors, while the hybrid model provides a well-balanced performance, combining the strengths of both ARIMA and MLPNN to achieve stable and accurate predictions.

**Table 3. Comparison between ARIMA, MLPNN and hybrid models**

| Models      | RMSE   | MAE    | $R_2$  |
|-------------|--------|--------|--------|
| ARIMA       | 0.2194 | 0.1587 | 0.8742 |
| MLPNN       | 0.2269 | 0.1432 | 0.8354 |
| ARIMA-MLPNN | 0.2127 | 0.1379 | 0.8861 |

*Source:* done by authors using Python.

Figure 3 shows three graphical representations, which are NGP (original series), NGP forecasted with ARIMA and NGP forecasted with hybrid model.

Figure 3 shows several results of the GNP original series, GNP with ARIMA model and GNP with ARIMA-MLPNN model designed on three curves. It displays that both models follow a general trend of the original series (represented in green). The blue dots represent the forecasted series generated by the ARIMA model, while the orange dots represent the forecasted series of the hybrid model. However, the hybrid model appears more stable, especially in the recent periods (2024-2025), indicating its ability to capture non-linear patterns better than ARIMA. Nevertheless, the differences between the two models remain limited, reflecting similar performance in most periods, but the hybrid model potentially provide more accurate forecasts during sharp fluctuations.

The following Table 4 presents the predicted values obtained from both models for the four months of 2024 and the eight months of 2025. The results indicate that there is no significant difference between the forecasted data generated by both models.

According to the results, NGP will rise from September 2024 to February 2025 because of the high demand for natural gas during winter time and high energy power for heating and people's needs, but it will fall from March 2025 to August 2025 because of lower demand.

Since 2023, NGP has decreased due to high storage levels, imports of liquid natural gas, particularly from the United States, decreased demand, and mild winters, which result in less demand for heating in Asia and Europe. Moreover, the conflict between Russia and Ukraine, as well as some geopolitical tension in the Middle East, necessitates the study and forecasting of fossil fuel sources like NGP. As a result, the price of NGP will fluctuate and destabilise a number of nations, particularly the rentier states. However, in 2024, NGP increased in emerging market and developing economies, and the demand for NGP worldwide hit a new all-time high. This result was due to ongoing economic growth, emerging market and developing economies in Asia accounted for about 40% of the additional petrol demand in 2024.

**Discussion of Findings and Contribution.** The previous outcomes confirm the superior forecasting performance of the hybrid ARIMA-MLPNN model across

*Table 4. ARIMA and ARIMA-MLP results predictions*

| Date     | ARIMA  | ARIMA-MLP | Date     | ARIMA   | ARIMA-MLP |
|----------|--------|-----------|----------|---------|-----------|
| Sep 2024 | 2.2812 | 2.3080    | Mar 2025 | 2.3128  | 2.3434    |
| Oct 2024 | 2.2869 | 2.3175    | Apr 2025 | 2.3120  | 2.3426    |
| Nov 2024 | 2.2988 | 2.3294    | May 2025 | 2.3114  | 2.3420    |
| Dec 2024 | 2.3078 | 2.3384    | Jun 2025 | 2.31112 | 2.34170   |
| Jan 2025 | 2.3122 | 2.3428    | Jul 2025 | 2.31106 | 2.34168   |
| Feb 2025 | 2.3133 | 2.3439    | Aug 2025 | 2.31110 | 2.34172   |

Source: prepared by the authors.

all evaluated metrics (RMSE, MAE,  $R^2$ ). This superiority stems from its capacity to capture both the linear dependencies (via ARIMA) and the complex, nonlinear patterns (via MLPNN, particularly in residuals), a crucial advantage in volatile natural gas markets. This finding directly addresses the identified lack of consensus in the literature regarding optimal forecasting approaches, providing robust evidence for hybrid methodologies. Our integration of linear and nonlinear models further bridges a significant research gap, rigorously demonstrating their combined benefits in capturing the intricate behavior of NGP, especially amidst structural breaks and prolonged volatility from global disruptions like the COVID-19 pandemic and the Russia-Ukraine war.

The study's use of an extended dataset spanning over three decades (June 1986 to August 2024) significantly enhances the empirical validity and fills a crucial void, as comprehensive comparisons of ARIMA, MLPNN, and hybrid models on such long, volatile series are rare. Our findings align with G. Zhang (2003) and subsequent studies that advocated for hybrid ARIMA-ANN models, but our unique contribution lies in validating their robustness over an unprecedented period of global instability and geopolitical shocks, an aspect less explored previously (e.g., Su et al., 2019). The demonstrated robustness of the hybrid model offers valuable practical implications. For policymakers, it supports more effective energy policy formulation and risk management. For investors and market participants, this reliable predictive tool can lead to more informed trading decisions and enhanced national energy security in an increasingly uncertain global energy landscape marked by supply chain disruptions and geopolitical uncertainties.

## CONCLUSION

This paper successfully investigated natural gas spot price (NGP) forecasting using ARIMA, Multi-Layer Perceptron Neural Network (MLPNN), and a hybrid ARIMA-MLPNN model, spanning data from January 1997 to August 2024. The empirical results definitively show that the hybrid ARIMA-MLPNN model is optimal, achieving the lowest RMSE and MAE, and the highest  $R^2$ . This model's superior performance, particularly in capturing both linear and nonlinear patterns, proved crucial for accurate forecasting in a volatile market characterized by recent global disruptions. The study also provided NGP predictions, indicating a rise from September 2024 to February 2025 due to winter demand, followed by a decrease from March 2025 to August 2025.

Accurate NGP forecasting is vital for effective planning and decision-making in the energy sector. This paper makes several key recommendations. First, for sustainable energy management, it is crucial to deploy optimal forecasting models like the hybrid ARIMA-MLPNN into real-time systems. Second, future research should explore more advanced hybrid approaches, potentially integrating deep learning techniques such as Long Short-Term Memory (LSTM) or Convolutional Neural Networks (CNN) to enhance prediction accuracy. Finally, incorporating external factors like economic indicators, policy changes, and climate variables is

essential to further improve model performance, especially given the susceptibility of prices to weather events, supply disruptions, and geopolitical shocks like the Russia-Ukraine conflict and non-linear market dynamics.

## REFERENCES

- Mishra, P. (2012). Forecasting natural gas price-time series and nonparametric approach. *In: Proceedings of the World Congress on Engineering*. Vol. 1, p. 4-6. WCE. URL: [https://www.iaeng.org/publication/WCE2012/WCE2012\\_pp490-497.pdf](https://www.iaeng.org/publication/WCE2012/WCE2012_pp490-497.pdf)
- Karabiber, O., Xydis, G. (2021). A review of the day-ahead natural gas consumption in Denmark: starting point towards forecasting accuracy improvement. *International Journal of Coal Science & Technology*, 8, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s40789-020-00331-2>
- Zheng, Y., Luo, J., Chen, J., Chen, Z., Shang, P. (2023). Natural gas spot price prediction research under the background of Russia-Ukraine conflict — based on FS-GA-SVR hybrid model. *Journal of Environmental Management*, 344, 118446. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118446>
- Umar, M., Riaz, Y., Yousaf, I. (2022). Impact of Russian-Ukraine war on clean energy, conventional energy, and metal markets: Evidence from event study approach. *Resources Policy*, 79, 102966. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102966>
- Tang, Y., Chen, X., Sarker, P., Baroudi, S. (2023). Asymmetric effects of geopolitical risks and uncertainties on green bond markets. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122348. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122348>
- Sahed, A., Kahoui, H., Mekidiche, M. (2020a). Using a GMDH-type neural network and ARIMA model to forecasting GDP in Algeria during the period of 1990-2019 [J]. *American Journal of Economics and Business Management*, 3(4), 37-47. URL: <https://globalresearchnetwork.us/index.php/ajebm/article/view/200/163>
- Aslanargun, A., Mammadov, M., Yazici, B., Yolacan, S. (2007). Comparison of ARIMA, neural networks and hybrid models in time series: tourist arrival forecasting. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 77(1), 29-53. <https://doi.org/10.1080/10629360600564874>
- Alegado, R., Tumibay, G. (2020). Statistical and machine learning methods for vaccine demand forecasting: A comparative analysis. *Journal of Computer and Communications*, 8(10), 37. <https://doi.org/10.4236/jcc.2020.810005>
- Zhang, G. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159-175. [https://doi.org/10.1016/S0925-2312\(01\)00702-0](https://doi.org/10.1016/S0925-2312(01)00702-0)
- Cadenas, E., Rivera, W. (2010). Wind speed forecasting in three different regions of Mexico, using a hybrid ARIMA-ANN model. *Renewable Energy*, 35(12), 2732-2738. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.04.022>
- Zeng, D., Xu, J., Gu, J., Liu, L., Xu, G. (2008). Short term traffic flow prediction using hybrid ARIMA and ANN models. *In: 2008 Workshop on power electronics and intelligent transportation system*. Conference, pp. 621-625. <https://doi.org/10.1109/PEITS.2008.135>
- Mucaj, R., Sinaj, V. (2017). Exchange rate forecasting using arima, nar and arima-ann hybrid model. *Exchange*, 4(10), 8581-8586. URL: <https://www.jmest.org/wp-content/uploads/JMESTN42352478.pdf>
- Soldo, B., Potočnik, P., Šimunović, G., Šarić, T., Govekar, E. (2014). Improving the residential natural gas consumption forecasting models by using solar radiation. *Energy and buildings*, 69, 498-506. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.032>

- Tamba, J., Essiane, S., Sapnken, E., Koffi., K., Nsouandélé, J., Soldo, B., Njomo, D. (2018). Forecasting natural gas: a literature survey. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(3), 216-249. URL: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/6269>
- Nguyen, H., Nabney I. (2010). Short-term electricity demand and gas price forecasts using wavelet transforms and adaptive models. *Energy*, 35(9), 3674-3685. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.05.013>
- Hosseinipoor, S. (2016). Forecasting Natural Gas Prices in the United States Using Artificial Neural Networks. University of Oklahoma. Doctoral dissertation. 125 p. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/215210834.pdf>
- Akpınar, M., Yumusak, N. (2016). Year ahead demand forecast of city natural gas using seasonal time series methods. *Energies*, 9(9), 727. <https://doi.org/10.3390/en9090727>
- Sahed, A., Mekidiche, M., Kahoui, H. (2020b). Forecasting natural gas prices using non-linear autoregressive neural network. *International Journal of Mathematical Sciences and Computing*, 5, 37-46. <https://doi.org/10.5815/ijmsc.2020.05.04>
- Park, S., Kim, J. (2014). An application of artificial neural network in short-run natural gas price forecasting. *Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers*, 51(6), 761-770. <https://doi.org/10.12972/ksmer.2014.51.6.761>
- Szoplik, J. (2015). Forecasting of natural gas consumption with artificial neural networks. *Energy*, 85, 208-220. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.084>
- Ram, M., Taklif, A., Faridzad, A. (2019). Prediction of Natural Gas Prices in European Gas Hubs Using Artificial Neural Network. *Petroleum Business Review*, 3(2), 1-14. <https://doi.org/10.22050/pbr.2019.113878>
- Wang, C., Xu, J., Xu, K., Yuan, K., Qi, Y., & Mu, Y. (2019). Rolling forecast nature gas spot price with back propagation neural network. In: 2019 IEEE Sustainable Power and Energy Conference (iSPEC), 2473-2477. IEEE. <https://doi.org/10.1109/iSPEC48194.2019.8974910>
- Akpınar, M., Adak, M., Yumusak, N. (2017). Day-ahead natural gas demand forecasting using optimized ABC-based neural network with sliding window technique: The case study of regional basis in Turkey. *Energies*, 10(6), 781. <https://doi.org/10.3390/en10060781>
- Su, M., Zhang, Z., Zhu, Y., Zha, D., Wen, W. (2019). Data driven natural gas spot price prediction models using machine learning methods. *Energies*, 12 (9), 1680. <https://doi.org/10.3390/en12091680>
- Li, J., Wu, Q., Tian, Y., Fan, L. (2021). Monthly Henry Hub natural gas spot prices forecasting using variational mode decomposition and deep belief network. *Energy*, 227, 120478. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120478>
- Gao, S., Hou, C., Nguyen, B. (2021). Forecasting natural gas prices using highly flexible time-varying parameter models. *Economic Modelling*, 105, 105652. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2021.105652>
- Jin, B., Xu, X. (2024). Price forecasting through neural networks for crude oil, heating oil, and natural gas. *Measurement: Energy*, 1, 100001. <https://doi.org/10.1016/j.meane.2024.100001>
- Sari-Hassoun, S., Boudjourfa, N., Mékidiche, M. (2025). Forecasting the Weekly Spot Oil Price Using a Hybrid Model ARMA-GARCH-MLP and Prophet Forecasting Method. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 59 (1). <http://dx.doi.org/10.24818/18423264/59.1.25.10>
- Dritsaki, C., Niklis, D., Stamatiou, P. (2021). Oil consumption forecasting using ARIMA models: An empirical study for Greece. *International Journal of Energy Economics*

- and Policy, 11(4), 214-224. URL: <https://www.econjournals.org.tr/index.php/ijee/article/view/11231/5913>
- Mahia, F., Dey, A., Masud, M., Mahmud, M. (2019). Forecasting electricity consumption using ARIMA model. *In: 2019 International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI)* P. 1—6. <https://doi.org/10.1109/STI47673.2019.9068076>
- Atique, S., Noureen, S., Roy, V., Subburaj, V., Bayne, S., Macfie, J. (2019). Forecasting of total daily solar energy generation using ARIMA: A case study. *In: 2019 IEEE 9th annual computing and communication workshop and conference (CCWC)*. P. 0114—0119. <https://doi.org/10.1109/CCWC.2019.8666481>
- Nanda, A., Gupta, S., Saleth, A., Kiran, S. (2023). Multi-layer perceptron's neural network with optimization algorithm for greenhouse gas forecasting systems. *Environmental Challenges*, 11, 100708. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100708>
- Ali, Z., Hussain, I., Faisal, M., Nazir, H., Hussain, T., Shad, M., Shoukry, A., Gani, S. (2017). Forecasting drought using multilayer perceptron artificial neural network model. *Advances in meteorology*, 2017(1), 5681308. <https://doi.org/10.1155/2017/5681308>
- Cifuentes, J., Marulanda, G., Bello, A., Reneses, J. (2020). Air temperature forecasting using machine learning techniques: A review. *Energies*, 13(16), 4215. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/16/4215>
- Khashei, M., Hajirahimi, Z. (2019). A comparative study of series arima/mlp hybrid models for stock price forecasting. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 48(9), 2625-2640. <https://doi.org/10.1080/03610918.2018.1458138>
- de Araújo Morais, L. R., da Silva Gomes, G. (2022). Forecasting daily Covid-19 cases in the world with a hybrid ARIMA and neural network model. *Applied Soft Computing*, 126, 109315. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109315>
- Skopal, R. (2015). Short-term hourly price forward curve prediction using neural network and hybrid ARIMA-NN model. *In: 2015 International conference on information and digital technologies*. P. 335—338. IEEE. <https://doi.org/10.1109/DT.2015.7222993>
- Ming, W., Bao, Y., Hu, Z., Xiong, T. (2014). Multistep-Ahead Air Passengers Traffic Prediction with Hybrid ARIMA-SVMs Models. *The Scientific World Journal*, 2014(1), 567246. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1155/2014/567246>
- Xiao, Y., Xiao, J., Liu, J., Wang, S. (2014). A multiscale modeling approach incorporating ARIMA and ANNs for financial market volatility forecasting. *Journal of Systems Science and Complexity*, 27(1), 225-236. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11424-014-3305-4>
- Wang, L., Zou, H., Su, J., Li, L., Chaudhry, S. (2013). An ARIMA-ANN hybrid model for time series forecasting. *Systems Research and Behavioral Science*, 30(3), 244-259. <https://doi.org/10.1002/sres.2179>
- Chicco, D., Warrens, M., Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science*, 7, e623. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.623>

Received on April 18, 2025

Reviewed on May 30, 2025

Revised on June 21, 2025

Signed for printing on July 01, 2025

*Хасен Кахоуї, канд. екон. наук, кафедра економічних наук*

*Університет Тлемсену*

*а/с 119, Тлемсен, 13000, Алжир*

*Салахеддін Сари-Хассун, канд. екон. наук*

*Інститут економіки Університетського центру Магнії*

*п/с 600, шосе Аль-Завія, район Аль-Шухада, Магнія, 13300, Алжир*

*Абделькадер Сахед, канд. екон. наук*

*Інститут економіки Університетського центру Магнії*

*п/с 600, шосе Аль-Завія, район Аль-Шухада, Магнія, 13300, Алжир*

*Мохаммед Мекідіче, канд. екон. наук*

*Інститут економіки Університетського центру Магнії*

*п/с 600, шосе Аль-Завія, район Аль-Шухада, Магнія, 13300, Алжир*

### **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ARIMA, MLPNN І ГІБРИДНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОТОВИХ ЦІН НА ПРИРОДНИЙ ГАЗ ВІД HENRY HUB**

Метою цього дослідження є прогнозування спотових цін на природний газ за допомогою трьох підходів до моделювання: ARIMA (авторегресійна інтегрована модель ковзних середніх), нейронної мережі типу багатошарового перцептрона (MLPNN) і гібридної моделі ARIMA-MLPNN. Аналіз ґрунтується на щомісячних даних з червня 1986 р. по серпень 2024 р. Ураховуючи волатильність цін на газ, спричинену геополітичною напруженістю і динамікою ринку, підвищення точності прогнозу має вирішальне значення для планування й розроблення політики. Модель ARIMA, придатну для лінійних закономірностей, і модель MLPNN, ефективну для опрацювання нелінійних зв'язків, було оцінено разом з гібридною моделлю, яка інтегрує обидва підходи для усунення їх індивідуальних обмежень.

Для оцінювання моделей використано статистичні показники ефективності: середньоквадратичну похибку (RMSE), середню абсолютну похибку (MAE) і коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ). Результати показали, що гібридна модель ARIMA-MLPNN перевершує обидві окремі моделі, забезпечуючи вищу точність прогнозування і краще реагуючи на структурні зміни в даних. Гібридна модель продемонструвала надзвичайно високу ефективність протягом останніх періодів, що характеризуються глобальною нестабільністю, підтверджуючи свою стійкість у опрацюванні як лінійних, так і нелінійних компонентів часових рядів.

Підкреслено важливість застосування гібридних методів прогнозування в економіці енергетичного сектору, особливо для ухвалення стратегічних рішень в умовах невизначеності. Результати дослідження показують, що поєднання традиційних статистичних моделей з машинним навчанням розширює прогностичні можливості, що робить гібридну модель ARIMA-MLPNN надійним інструментом для прогнозування цін на природний газ.

**Ключові слова:** ухвалення рішень; прогнозування спотових цін на природний газ; авторегресійні інтегровані моделі ковзних середніх; модель нейронної мережі типу багатошарового перцептрона; гібридна модель.

Надійшла 18.04.2025

Прорецензована 30.05.2025

Доопрацьована 21.06.2025

Підписана до друку 01.07.2025



## СТРАХУВАННЯ ЯК СКЛАДОВА ФІНАНСОВОЇ СИСТЕМИ ДЕРЖАВИ

### INSURANCE AS A COMPONENT OF THE STATE'S FINANCIAL SYSTEM

<https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.073>

УДК 368.025.6:575.113.1

JEL: G22, K33

**М.І. АРИЧ**, канд. екон. наук, доц., заступник директора  
Навчально-наукового інституту економіки і управління  
Національний університет харчових технологій  
вул. Володимирська, 68, 01601, Київ, Україна  
e-mail: mykhailo.arych@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0910-2332>

### АКТУАРНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ СТРАХУВАННЯ: МОДЕЛІ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СТРАХУВАННЯ ЖИТТЯ І СТРАХУВАННЯ НА ВИПАДОК ХВОРОБИ

*Визначено і охарактеризовано моделі застосування генетичної інформації під час здійснення актуарної діяльності у сферах страхування життя і на випадок хвороби. Обґрунтовано актуарну значимість щодо видів генетичної інформації, яка визначально впливає на особливості оцінювання страхових ризиків і/або встановлення будь-яких інших умов договорів страхування життя й страхування на випадок хвороби.*

**Ключові слова:** страхування; генетична інформація; оцінка страхових ризиків; актуарна діяльність; Україна.

Міжнародна практика розвитку страхових ринків показує тенденції, за яких актуарна діяльність у сфері страхування пов'язаних з життям і здоров'ям ризиків часто передбачає використання генетичної інформації людини як один з інструментів даної актуарної діяльності (Arych, Joly, 2022). Важливо зазначити, що поняття «актуарна діяльність» ми трактуватимемо відповідно до пп. 1, ч. 1,

Ц и т у в а н н я: Арич, М. (2025). Актуарна діяльність у сфері страхування: моделі застосування генетичної інформації для страхування життя і страхування на випадок хвороби. *Економіка України*. 68. 11(768). 73-88. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.11.073>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

ст. 1 Закону України «Про страхування»<sup>1</sup> як «...діяльність у сфері страхування щодо аналізу та оцінки ризиків та/або пов'язаних з ними фінансових зобов'язань, а також розроблення та оцінка методів управління фінансовими наслідками майбутніх випадкових подій з метою забезпечення реалізації актуарної функції страховика...» Більше того, вважаємо, що дана зацікавленість страхових компаній у цьому інструменті оцінки страхових ризиків також може бути причиною появи таких викликів для страхового ринку, як генетична дискримінація та інформаційна асиметрія, що, у свою чергу, справлятиме відповідний вплив на всіх учасників страхових відносин (Tiller, Delatycki, 2021). З огляду на це і з урахуванням необхідності пошуку шляхів удосконалення діяльності й оптимізації підходів до регулювання страхового ринку, доцільно систематизувати, проаналізувати й критично переглянути проведені раніше наукові дослідження щодо моделей актуарної діяльності у сфері страхування пов'язаних з життям і здоров'ям ризиків, заснованих на використанні генетичної інформації заявника на страхування. Наразі такі моделі актуарної діяльності стосуються досить-таки обмеженої кількості захворювань, генетична інформація про ймовірність виникнення і розвитку яких використовується для оцінювання страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов договору страхування. До переліку таких захворювань включено:

- полікістозну хворобу нирок у дорослих (Gutiérrez, Macdonald, 2003; 2007);
- хворобу Альцгеймера (Macdonald, Pritchard, 2001);
- хворобу Хантінгтона (Gutiérrez, Macdonald, 2004);
- міотонічну дистрофію (Macdonald, Yu, 2011);
- неполіпозний колоректальний рак (Lu et al., 2007);
- рак молочної залози і рак яєчників (Macdonald et al., 2003a; 2003b);
- гіпертрофічну кардіоміопатію (Hacariz et al., 2020);
- аритмогенну кардіоміопатію правого шлуночка (Hacariz et al., 2022);
- ішемічну хворобу серця та інсульт (Macdonald et al., 2005a).

Хоча в цілому, виходячи з описаної у наукових дослідженнях практики діяльності страхових компаній, наразі в контексті оцінки страхових ризиків (як однієї із складових актуарної діяльності), пов'язаних з життям і здоров'ям, страхові компанії виявляють зацікавленість щодо генетичної інформації про ймовірність розвитку дуже великої кількості захворювань (Joly et al., 2013; Macdonald, Yu, 2011; Howard, 2014), але в даній статті зосередимося на найбільш досліджених випадках.

Це дослідження є особливо важливим для страхового ринку України, адже сьогодні немає чинного вітчизняного чи ратифікованого іноземного законодавства, яке б прямо визначало умови застосування генетичної інформації людини для оцінки її страхових ризиків (Арич та ін., 2024a). Більше того, нова і чинна редакція Закону України «Про страхування»<sup>2</sup> також не внесла жодних змін у даному напрямі регулювання страхового ринку. А от

<sup>1</sup> Про страхування. Закон України № 1909-IX від 18.11.2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1909-20#Text>

<sup>2</sup> Там само.

окремі його положення навіть розширили потенційні можливості страхових компаній для доступу до генетичної інформації людини під час актуарної діяльності у сфері страхування ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям (Арич, 2025). Отже, з огляду на потенційну наявність ризиків генетичної дискримінації у сфері страхування життя в Україні, зумовлену тим, що компанії із страхування життя можуть мати доступ до генетичних даних людини, запитувати їх і використовувати під час оцінювання страхових ризиків (Arych, Joly, 2022), виникає обґрунтована необхідність у запровадженні в Україні специфічного регулювання на ринку страхування, яке б визначало всі умови й особливості застосування генетичної інформації для оцінки страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов договору страхування (Арич та ін., 2024б).

У цьому контексті у формуванні високоефективного і комплексного підходу до вироблення методів даного регулювання в Україні особливо важливу роль відіграють існуюча іноземна практика і наявні наукові підходи до реалізації моделей застосування генетичної інформації під час реалізації актуарної діяльності у сфері страхування ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям. Адже, тільки врахування передового іноземного досвіду і використання ґрунтовних наукових досліджень уможливають формування в Україні власної принципово нової, інколи, можливо, компромісної, але ефективної системи державного регулювання використання генетичної інформації людини під час актуарної діяльності у сфері страхування ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям.

Отже, **мета статті** — дослідити описані в наукових публікаціях моделі застосування генетичної інформації у контексті здійснення актуарної діяльності у сфері страхування ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям, визначити ключові спільні риси й принципові відмінності між даними актуарними моделями.

Дослідження описаної у науковій літературі моделі застосування генетичної інформації у контексті здійснення актуарної діяльності у сфері страхування ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям, можна згрупувати залежно від видів захворювань (ми обрали для аналізу дев'ять), генетична інформація про ймовірність виникнення і розвитку яких використовується для оцінки страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов договору страхування. При цьому описані моделі враховують, наскільки це можливо, інтереси страхових компаній щодо якісної оцінки страхових ризиків і забезпечення стабільних надходжень фінансових ресурсів від продажу страхових послуг, а також реалізації рентабельної і прибуткової діяльності. Більше того, дані дослідження ґрунтуються на таких прогнозних чи статистичних значеннях щодо заявників на страхування, як ймовірність розвитку хвороби, ступінь проникнення даних хвороб серед населення (з урахуванням таких демографічних факторів, як вік, стать тощо). Наведемо основні характеристики даних актуарних моделей, виокремлених залежно від видів захворювань.

**Модель 1. Полікістозна хвороба нирок у дорослих (adult polycystic kidney disease) і актуарна діяльність.** Відповідно до проведеного моделювання

впливу мутацій у генах APKD1 чи APKD2 (будь-яка з двох мутацій у цих генах асоціюється з можливим розвитком полікістозної хвороби нирок у дорослих) для страхування на випадок хвороби встановлено, що вплив на фінансові результати страхових компаній великою мірою залежить від можливості лікування даної генетичної хвороби. Тому, якщо таке лікування є доступним, то зростання страхових премій для заявників на страхування носіїв цих генетичних мутацій буде зовсім незначним (Gutiérrez, Macdonald, 2007). Крім того, визначено, що наявність у заявника на страхування спадкового ризику (відповідно до сімейної медичної історії) розвитку полікістозної хвороби нирок у дорослих наразі є більш серйозною проблемою для страхових компаній, ніж наявність у заявника мутацій у гені APKD2 (Gutiérrez, Macdonald, 2007).

**Модель 2. Хвороба Альцгеймера (Alzheimer's disease) і актуарна діяльність.** Результати проведеного дослідження показують досить-таки незначну актуарну цінність даних про генетичні фактори ймовірності розвитку хвороби Альцгеймера, однак А. Макдональд і Д. Прітчард (Macdonald, Pritchard, 2000) наголошують, що в даній сфері потрібні більш глибокі й комплексні дослідження, які б поєднали фахівців із сфер медичних даних, актуарних досліджень, страхування тощо. Також встановлено, що за таких умов несприятливий відбір може бути причиною додаткових фінансових витрат для страхової компанії за договорами страхування довгострокового догляду (Macdonald, Pritchard, 2001). Крім того, у іншій праці (Gui, Macdonald, 2002) автори, з огляду на дослідження впливу на якість оцінки страхових ризиків наявності в людини гена PSEN1, що асоціюється з хворобою Альцгеймера, також звертають увагу на те, що генетичні дослідження та їх результати створюють нові виклики для сімей, члени яких є носіями генів, що визначають розвиток моногенних захворювань, наприклад хвороби Альцгеймера. Адже отримані дані можуть бути використані як страховими компаніями, так і самими заявниками на страхування для оцінювання страхових ризиків перед укладанням договору страхування. Таким чином, наслідки для кожного з учасників даних страхових відносин можуть бути досить-таки різними, оскільки створюватимуть умови для підвищеного ризику як генетичної дискримінації заявників на страхування, так й інформаційної асиметрії. У цілому ж ці наслідки, радше, матимуть негативний вплив на функціонування всього страхового ринку.

**Модель 3. Хвороба Хантінгтона (Huntington's disease) і актуарна діяльність.** Відповідно до проведеного моделювання впливу ймовірності розвитку цієї хвороби на оцінку страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов договору, страхування життя й страхування на випадок хвороби (страхування на випадок критичних захворювань — critical illness insurance) більшою мірою залежатиме від кількох факторів, а саме:

по-перше, від джерела інформації, на основі якого робитиметься висновок про ризик розвитку хвороби Хантінгтона, оскільки такими джерелами можуть бути:

- а) сімейна медична історія (історія хвороби найближчих родичів);
- б) результати генетичних аналізів заявника на страхування;

по-друге, для страхування на випадок хвороби важливими факторами для визначення страхових премій будуть вік, стать страхувальника, а також інші умови страхового договору (Gutiérrez, Macdonald, 2004).

Для страхування на випадок хвороби несприятливий відбір як негативний наслідок інформаційної асиметрії для страхових компаній, спричинений можливими ризиками розвитку в застрахованих осіб хвороби Хантінгтона, може спричинити зовсім малі й навіть незначні додаткові фінансові витрати для страховика, адже поширеність цієї хвороби серед населення є дуже низькою. А от для страхування життя основні тенденції впливу генетичної інформації про ймовірність розвитку хвороби Хантінгтона на оцінку страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов страхового договору будуть у цілому схожими з попередньо проаналізованим страхуванням на випадок хвороби. Однак важливою відмінністю для оцінки страхових ризиків під час страхування життя є необхідність урахування ризиків смертності на основі генетичної інформації заявника на страхування (Gutiérrez, Macdonald, 2004).

**Модель 4. Міотонічна дистрофія (myotonic dystrophy) і актуарна діяльність.** Так, відповідна комплексна модель використання генетичної інформації про ймовірність розвитку міотонічної дистрофії під час актуарної діяльності була сформована з урахуванням практики й особливостей застосування для цілей андеррайтингу шести захворювань, які є моногенними і, на думку авторів, найбільш релевантними до страхового ринку (полікістоз нирок; хвороба Альцгеймера; хвороба Хантінгтона; міотонічна дистрофія; неполіпозний колоректальний рак; рак молочної залози і рак яєчників) (Macdonald, Yu, 2011). Отже, встановлено, що у випадку коли тільки в сімейній історії здоров'я заявника на страхування є генетичні дані, які підтверджують ризик розвитку в нього міотонічної дистрофії, то в цілому вищі страхові премії, з огляду на страхові ризики, у страхуванні життя і страхуванні на випадок хвороби будуть встановлені тільки для чоловіків; для жінок же такі зміни в страхових тарифах будуть характерними із зростанням їх віку (Macdonald, Yu, 2011).

**Модель 5. Неполіпозний колоректальний рак (non-polyposis colorectal cancer) і актуарна діяльність.** Для даної моделі визначено, що більші, ніж зазвичай, страхові премії будуть встановлені, радше, для заявників на страхування на випадок хвороби, які самі є носіями відповідних генетичних мутацій, що вказують на підвищений ризик розвитку неполіпозного колоректального раку, і при цьому заявники на страхування повідомлять про це страховику перед укладанням страхового договору. Якщо на таку ймовірність даного захворювання вказуватиме тільки сімейна історія хвороби страхувальника, без підтвердженого генетичного аналізу, то підвищення страхової премії може бути зовсім відсутнім або дуже незначним (Lu et al., 2007). При цьому, аналогічно до схожих попередніх досліджень, вплив на страхові компанії несприятливого відбору, як наслідок обмеження в доступі до генетичної інформації (сімейної медичної історії і/або результатів генетичних аналізів) заявників на страхування, буде дуже незначним — орієнтовно додаткові витрати для страховика можуть зрости не більш як на 1 % (Lu et al., 2007).

Таблиця 1. Розподіл моделей застосування генетичної інформації під час інформації, що використовується для оцінки страхових ризиків

| Захворювання,<br>генетична інформація<br>про ймовірність розвитку<br>якого розглядається в моделі | Моделі                                            |                           |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                                                                                   | 1. Полікістозна<br>хвороба<br>нирок<br>у дорослих | 2. Хвороба<br>Альцгеймера | 3. Хвороба<br>Хантінгтона |
| <i>Вид страхування</i>                                                                            |                                                   |                           |                           |
| Страхування життя                                                                                 |                                                   |                           | +                         |
| Страхування на випадок хвороби                                                                    | +                                                 |                           | +                         |
| Страхування довгострокового догляду                                                               |                                                   | +                         |                           |
| <i>Вид генетичної інформації,</i>                                                                 |                                                   |                           |                           |
| Без розмежувань (усі види)                                                                        |                                                   |                           |                           |
| Сімейна медична історія                                                                           | +                                                 |                           | +                         |
| Генетичні аналізи (у тому числі щодо носійства певного гена чи наявності генетичної мутації)      | +(мутації у генах APKD1 i/або APKD2)              | +(ген PSEN1)              | +                         |

Джерело: побудовано автором за: Gutiérrez, Macdonald, 2003; Gutiérrez, Macdonald et al., 2005a; Macdonald, Yu, 2011; Hacariz et al., 2020; Hacariz et al., 2022.

**Модель 6. Рак молочної залози (breast cancer) і рак яєчників (ovarian cancer) і актуарна діяльність.** У даній моделі як вид генетичної інформації розглядаються й аналізуються такі її різновиди (Macdonald, Waters, Wekwete, 2003a):

1) результати генетичних аналізів заявника на страхування про підтвердження в нього, по-перше, носійства одного чи двох генів і мутацій у них, що визначають розвиток раку молочної залози: BRACA1 і/або BRACA2, і, по-друге, наявності підвищеного генетичного ризику розвитку раку яєчників;

2) сімейна медична історія, яка містить генетичну інформацію, що підтверджує ймовірність розвитку в заявника на страхування раку молочної залози і раку яєчників.

Так, відповідно до проведених розрахунків для страхування на випадок хвороби, у разі якщо в заявника на страхування є мутації у одному чи двох генах (BRACA1 і/або BRACA2) або коли в сімейній медичній історії хвороб підтверджено підвищений ризик даного захворювання і про це відомо страховій компанії, то очікується, що страхова компанія запропонує особливо

актуарної діяльності за видами страхування і видами генетичної

| Моделі                         |                                                    |                                                   |                                              |                                                                   |                                               |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 4. Міто-<br>нічна<br>дистрофія | 5. Неполі-<br>позний<br>колорек-<br>тальний<br>рак | 6. Рак<br>молочної<br>залози<br>та яєчників       | 7. Гіпер-<br>трофічна<br>кардіо-<br>міопатія | 8. Аритмо-<br>генна<br>кардіо-<br>міопатія<br>правого<br>шлуночка | 9. Ішемічна<br>хвороба<br>серця<br>та інсульт |
| Вид страхування                |                                                    |                                                   |                                              |                                                                   |                                               |
| +                              |                                                    |                                                   | +                                            | +                                                                 |                                               |
| +                              | +                                                  | +                                                 |                                              |                                                                   | +                                             |
| яка є основною                 |                                                    |                                                   |                                              |                                                                   |                                               |
| +                              | +                                                  | +                                                 | +                                            | +                                                                 | +                                             |
|                                | +                                                  | +                                                 |                                              |                                                                   |                                               |
|                                |                                                    | (мутації<br>у генах<br>BRACA1<br>і/або<br>BRACA2) |                                              |                                                                   |                                               |

nald, 2004; Lu et al., 2007; Macdonald, Pritchard, 2001; Macdonald et al., 2003a; Mac-

велике збільшення страхової премії залежно від віку заявника на страхуван-  
ня та інших умов договору страхування на випадок хвороби (Macdonald et  
al., 2003a). Однак, якщо йтиметься тільки про особу молодого віку (напри-  
клад, до 30 років), у якої у наявності мутація тільки в гені BRACA2 (без під-  
твердження на основі сімейної медичної історії), то цілком можливо, що  
страхова компанія зовсім не змінить суму страхової премії, залишаючи її на  
стандартному рівні (Macdonald et al., 2003a).

Якщо ж страхова компанія для цілей страхування на випадок хвороби  
оцінюватиме ймовірність розвитку раку молочної залози і раку яєчників  
тільки на основі сімейної медичної історії (при цьому відповідні результати  
генетичних аналізів будуть недоступними для страховика), то страхові пре-  
мії, радше, зростатимуть, але не дуже суттєво. Наприклад, якщо в заявника  
на страхування є один родич, у якого було діагностовано рак молочної за-  
лози і рак яєчників у віці до 50 років, то страхова премія для нього може  
зрости до +25 %. При цьому чим у більшій кількості близьких родичів заяв-  
ника на страхування в даному віці було діагностовано таке захворювання,  
тим більше для нього буде зростати страхова премія (Macdonald et al., 2003a).

**Модель 7. Гіпертрофічна кардіоміопатія (hypertrophic cardiomyopathy) і актуарна діяльність.** З метою аналізу ролі й особливостей застосування генетичної інформації про ймовірність розвитку цього захворювання досліджено вплив різної поінформованості учасників страхових відносин (і страховика, і страхувальника) про генетичні фактори ймовірності розвитку гіпертрофічної кардіоміопатії на оцінку страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов страхового договору страхування життя (Hacariz et al., 2020). Отже, відповідно до результатів дослідження, якщо страхова компанія буде повністю обмежена в доступі до генетичної інформації (у томі числі й до сімейної медичної історії хвороб) заявника на страхування, то це може викликати зростання страхових премій на мінімум 2,5 %; при цьому якщо страховику буде доступна сімейна медична історія для оцінки страхових ризиків, то він, скоріше за все, не підвищуватиме страхову премію більш як на 2,5 % (Hacariz et al., 2020).

**Модель 8. Аритмогенна кардіоміопатія правого шлуночка (arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy) і актуарна діяльність.** Одні з останніх досліджень у контексті аналізу ролі й особливостей застосування генетичної інформації про ймовірність розвитку захворювань для оцінки страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов страхового договору представлено групою науковців (Hacariz et al., 2022). При цьому в авторів є серія досліджень, у яких аналізується генетична інформація щодо можливості розвитку кількох хвороб (Hacariz et al., 2020; Hacariz et al., 2022). Так, відповідно до вихідних умов дослідження, вважається, що коли заявник на страхування знає, але перед укладанням страхового договору не повідомляє страховій компанії про свій підвищений ризик смерті на основі генетичних даних (сімейна медична історія хвороб найближчих родичів і результати генетичних досліджень заявника на страхування життя) про ймовірність розвитку аритмогенної кардіоміопатії правого шлуночка, це позитивно впливатиме на підвищення його схильності до купівлі поліса страхування життя (Hacariz et al., 2022). Таким чином, результати моделювання показали дуже незначне зростання страхових премій — не більше ніж на 0,1 % у більшості змодельованих випадків, але окремі значення зростання премій становлять приблизно 4,2 % (Hacariz et al., 2022).

**Модель 9. Ішемічна хвороба серця та інсульт (coronary heart disease (CHD) and stroke) і актуарна діяльність.** Важливе з наукової і практичної точки зору дослідження щодо аналізу впливу генетичної інформації на актуарну діяльність у страхуванні було обґрунтовано й змодельовано А. Макдональдом із співавторами (Macdonald et al., 2005a). Для даного дослідження науковці обрали ішемічну хворобу серця та інсульт і генетичні фактори (інформацію), які визначають ймовірність розвитку даних захворювань і є важливими для оцінки страхових ризиків під час страхування на випадок хвороби. А от результати даного моделювання було опубліковано вже в наступній їх праці (Macdonald et al., 2005b). Ними було встановлено, що наявність у заявників на страхування (і чоловіків, і жінок) на випадок хвороби підвищено-

**Таблиця 2. АктUARна значимість генетичної інформації про ймовірність розвитку захворювання під час оцінки страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов страхового договору**

| Модель                                                                             | Опис актуарної значимості генетичної інформації про ймовірність розвитку захворювання відповідно до моделей                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Модель 1.</b> Полікістозна хвороба нирок у дорослих і актуарна діяльність       | 1) можливість лікування хвороби впливатиме на фінансові результати страхової компанії;<br>2) сімейна медична історія є більш значимою, ніж інформація про наявність мутацій у гені PKD2                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Модель 2.</b> Хвороба Альцгеймера і актуарна діяльність                         | 1) несприятливий відбір як наслідок інформаційної асиметрії може спричинити додаткові фінансові витрати для страховика;<br>2) незначна актуарна цінність генетичної інформації про ймовірність розвитку хвороби Альцгеймера                                                                                                                                                                 |
| <b>Модель 3.</b> Хвороба Хантінгтона і актуарна діяльність                         | 1) для оцінки ризику захворювання найбільше значення має вид генетичної інформації, яка аналізується;<br>2) для страхування на випадок хвороби несприятливий відбір не матиме значного фінансового впливу на страховика;<br>3) для страхування життя генетична інформація буде визначальною для оцінки страхових ризиків смерті;<br>4) ключову роль відіграє термін дії страхового договору |
| <b>Модель 4.</b> Міотонічна дистрофія і актуарна діяльність                        | 1) вищі страхові премії встановлюються тільки для чоловіків;<br>2) для жінок додатковою умовою зміни страхових премій буде їхній вік                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Модель 5.</b> Неполіпозний колоректальний рак і актуарна діяльність             | 1) вищі страхові премії для носіїв відповідних генетичних мутацій;<br>2) сімейна медична історія і несприятливий відбір як наслідок інформаційної асиметрії не спричинятимуть суттєвого зростання страхових премій                                                                                                                                                                          |
| <b>Модель 6.</b> Рак молочної залози та рак яєчників і актуарна діяльність         | 1) велике зростання страхової премії, якщо у заявника на страхування на випадок хвороби є мутації у генах BRCA1 і/або BRCA2;<br>2) наявність генетичних ризиків на основі сімейної медичної історії сприятиме зростанню страхових премій                                                                                                                                                    |
| <b>Модель 7.</b> Гіпертрофічна кардіоміопатія і актуарна діяльність                | 1) інформаційна асиметрія може спричинити зростання страхових премій орієнтовно на 2,5 % і більше;<br>2) якщо страховик матиме доступ тільки до сімейної медичної історії, то зростання страхових премій становитиме не більш як 2,5 %                                                                                                                                                      |
| <b>Модель 8.</b> Аритмогенна кардіоміопатія правого шлуночка і актуарна діяльність | 1) у випадку інформаційної асиметрії і несприятливого відбору зростання розміру страхових премій очікується в більшості випадків усього на 0,1 %, але в окремих — приблизно 4,2 %                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Модель 9.</b> Ішемічна хвороба серця та інсульт і актуарна діяльність           | 1) підвищений генетичний ризик розвитку даних захворювань, радше, сприятиме збільшенню страхових премій                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Джерело: побудовано автором за: Gutiérrez, Macdonald, 2003; Gutiérrez, Macdonald, 2004; Lu et al., 2007; Macdonald, Pritchard, 2001; Macdonald et al., 2003a; Macdonald et al., 2005a; Macdonald, Yu, 2011; Hacariz et al., 2020; Hacariz et al., 2022.

го генетичного ризику розвитку ішемічної хвороби серця та інсульту матиме набагато більший фінансовий вплив на страхову компанію (що, можливо, вимагатиме збільшення страхових премій для даних заявників), ніж якщо порівнювати з аналогічними генетичними факторами, які вказуватимуть на підвищений ризик розвитку таких хвороб, як діабет (diabetes), гіпертонія (hypertension) або гіперхолестеринемія (hypercholesterolemia).

Узагальнена інформація щодо розподілу описаних моделей застосування генетичної інформації під час здійснення актуарної діяльності у сфері страхування залежно від видів останнього, а також з урахування видів генетичної інформації, що використовується для оцінки страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов договору страхування, наведено в табл. 1.

Зазначимо, що, відповідно до описаних умов і особливостей моделей застосування генетичної інформації під час здійснення актуарної діяльності у сфері страхування ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям, більшість з даних моделей орієнтовано саме на страхування на випадок хвороби і приблизно така сама кількість стосується сфери страхування життя. Однак цікавим є факт, що тільки для двох з дев'яти вказаних захворювань розглядаються можливості й умови використання даної генетичної інформації про ймовірність їх розвитку у двох сферах разом — і в страхуванні життя, і в страхуванні на випадок хвороби. Більше того, що стосується видів генетичної інформації про ймовірність розвитку захворювань відповідно до кожної з описаних моделей, то в більшості випадків під час актуарної діяльності у сфері страхування найважливішою є генетична інформація, отримана як на основі сімейної медичної історії заявника на страхування, так і за результатами проведених генетичних досліджень щодо наявності в нього відповідного гена (наприклад, гена PSEN1, що асоціюється з хворобою Альцгеймера) або генетичних мутацій (наприклад, у генах APKD1, APKD2, BRACA1, BRACA2). Отже, очевидно, що в питаннях вибору виду генетичної інформації для оцінювання страхових ризиків страхові компанії керуються необхідністю отримання найбільш релевантних генетичних даних щодо оцінюваних страхових ризиків.

Систематизація й опис особливостей актуарної значимості генетичної інформації відповідно до визначених моделей наведено в табл. 2.

Охарактеризовані особливості актуарної значимості генетичної інформації про ймовірність розвитку визначених у моделях захворювань показують, що ці дані є вагомим фактором під час оцінки страхових ризиків і/або встановлення будь-яких інших умов договорів страхування ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям. Більше того, з-поміж усіх видів впливу під час актуарної діяльності чітко виокремлюється умова зростання (хоча часто на досить незначні показники) суми страхових премій для заявників на страхування, генетична інформація яких є доступною для страхових компаній і показує підвищений, ніж зазвичай, ризик розвитку захворювання чи втрати життя в майбутньому.

## ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Нині в Україні все ще немає законодавства, яке б прямо визначало умови й особливості використання генетичної інформації людини для оцінювання її страхових ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям (Arych, Joly, 2022). Однак, з огляду, по-перше, на міжнародну практику регулювання страхових ринків, яка здебільшого керується принципами захисту прав людини і зниження ризиків генетичної дискримінації (Joly et al., 2013; Tiller, Delatycki, 2021), і, по-друге, на євроінтеграційні прагнення України, необхідність визначення конкретних умов застосування генетичних даних для цілей актуарної діяльності у сфері страхування в Україні все-таки настане. Наразі практика застосування генетичної інформації людини під час актуарної діяльності у сфері страхування для більшості країн — членів Європейського Союзу і Ради Європи узгоджується і визначається відповідно до Рекомендацій CM/Rec(2016)8 Комітету Міністрів Ради Європи щодо принципів використання медичних даних людини для цілей страхування, включаючи результати генетичних досліджень, де детально визначено особливості й умови використання генетичних даних людини для цілей страхування<sup>3</sup>. Проте цей документ усе ще не ратифікований в Україні<sup>4</sup>. Отже, з огляду на особливості умов використання генетичних даних людини, визначені Рекомендаціями CM/Rec(2016)8 Комітету Міністрів Ради Європи, вважаємо, що ратифікація цього нормативно-правового акту була б доцільною для страхового ринку України як країни-кандидата в члени Європейського Союзу, оскільки дане регулювання не передбачає дуже суттєвих обмежень для суб'єктів ринку, а тільки встановлює практичні орієнтири для умов використання генетичної інформації з метою страхування.

Отже, визначені, систематизовані й описані моделі застосування генетичної інформації про ймовірність розвитку захворювання під час оцінювання страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов страхового договору є важливою передумовою формування принципово нових та інноваційних інструментів регулювання страхового ринку в Україні, які б ґрунтувалися на передовому зарубіжному досвіді й ураховували при цьому всі переваги і недоліки використання генетичної інформації для цілей актуарної діяльності у сфері страхування. Однак, навіть з огляду на велику кількість можливих підходів до регулювання (про що говорить зарубіжний досвід), вибір якнайефективніших методів повинен ураховувати індивідуальні

<sup>3</sup> Recommendation CM/Rec(2016)8 of the Committee of Ministers to the Member States on the Processing of Personal Health-Related Data for Insurance Purposes, Including Data Resulting from Genetic Tests, 2016. *Council of Europe*. URL: [https://search.coe.int/cm/Pages/result\\_details.aspx?ObjectId=09000016806b2c5f](https://search.coe.int/cm/Pages/result_details.aspx?ObjectId=09000016806b2c5f) (дата звернення: 30.08.2025).

<sup>4</sup> Chart of signatures and ratifications of Treaty 164: Convention for the protection of Human Rights and Dignity of the Human Being with regard to the Application of Biology and Medicine: Convention on Human Rights and Biomedicine. *Council of Europe*. URL: [https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/164/signatures?p\\_auth=D5ucYbwR](https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/-/conventions/treaty/164/signatures?p_auth=D5ucYbwR) (дата звернення: 30.08.2025).

особливості страхового ринку в Україні. На нашу думку, перш ніж пропонувати якісь конкретні кроки для зміни підходів державного регулювання у сфері використання генетичної інформації для оцінки страхових ризиків, пов'язаних з життям і здоров'ям, необхідно провести ще додаткові наукові дослідження ринку страхування в Україні, наприклад, опитування: лікарів-генетиків і генетичних консультантів (медичних працівників, які працюють з генетичною інформацією пацієнтів, мають до неї доступ і надають пацієнтам консультації медичного характеру); актуаріїв і андеррайтерів, які працюють у сфері страхування; населення в Україні як у цілому, так і за цільовими групами, зокрема осіб, які мають поліси страхування життя і/або страхування на випадок хвороби (у тому числі медичного страхування), осіб, які самі або їх найближчі родичі страждають від генетичних захворювань, осіб, які з тих чи інших причин здавали генетичні аналізи.

## ВИСНОВКИ

Визначено й досліджено моделі застосування генетичної інформації під час здійснення актуарної діяльності у сфері страхування життя і страхування на випадок хвороби. Так, розподілено способи застосування генетичної інформації на відповідні моделі під час актуарної діяльності за видами страхування і видами генетичної інформації, що використовується для оцінювання страхових ризиків. Встановлено, що у переважній більшості описаних моделей саме для сфери страхування на випадок хвороби найчастіше застосовувалася генетична інформація про ймовірність виникнення захворювання під час здійснення актуарної діяльності у сфері страхування. Більше того, результати проведеного дослідження також показують, що страхові компанії в основному цікавить такий вид генетичних даних людини, як результати генетичних аналізів (у тому числі щодо носійства певного гена чи наявності генетичної мутації, наприклад, у генах *APKD1*, *APKD2*, *BRCA1*, *BRCA2*; наявності гена *PSEN1*), і сімейна медична історія заявника на страхування.

Описано основні особливості актуарної значимості генетичної інформації про ймовірність розвитку захворювань (полікістозна хвороба нирок у дорослих, хвороба Альцгеймера, хвороба Хантінгтона, міотонічна дистрофія, неполіпозний колоректальний рак, рак молочної залози і рак яєчників, гіпертрофічна кардіоміопатія, аритмогенна кардіоміопатія правого шлуночка, ішемічна хвороба серця та інсульт) під час оцінювання страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов страхового договору. Встановлено, що для більшості описаних випадків (моделей) наявність у страхової компанії даних про підвищений генетичний ризик розвитку відповідного захворювання в заявника на страхування сприятиме зростанню розміру страхових премій.

Обґрунтовано, що розглянуті моделі використання застосування генетичної інформації про ймовірність розвитку захворювання під час здійснення актуарної діяльності у сфері страхування є необхідними й важливими

факторами формування в Україні підходів до регулювання ринку страхування, які враховуватимуть особливості й значимість генетичної інформації під час оцінки страхових ризиків і/або визначення будь-яких інших умов страхового договору.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Arych, M., Joly, Y. (2022). Genetic Discrimination in Access to Life Insurance: Does Ukrainian Legislation Offer Sufficient Protection against the Adverse Consequences of the Genetic Revolution to Insurance Applicants? *Laws*. 11(2). <https://doi.org/10.3390/laws11010002>
- Tiller, J., Delatycki, M. (2021). Genetic discrimination in life insurance: a human rights issue. *Journal of Medical Ethics*. 47(7). 484-485. <https://doi.org/10.1136/medethics-2021-107645>
- Gutiérrez, M., Macdonald, A. (2003). Adult polycystic kidney disease and critical illness insurance. *North American Actuarial Journal*. 7:2. 93-115. <https://doi.org/10.1080/10920277.2003.10596092>
- Gutiérrez, C., Macdonald, A. (2007). Adult polycystic kidney disease and insurance: A case study in genetic heterogeneity. *North American Actuarial Journal*. 11 (1). 90-118. <https://doi.org/10.1080/10920277.2007.10597439>
- Macdonald, A., Pritchard, D. (2001). Genetics, Alzheimer's disease and long-term care insurance. *North American Actuarial Journal*. 5:2. 54-78. <https://doi.org/10.1080/10920277.2001.10595985>
- Gutiérrez, M., Macdonald, A. (2004). Huntington's disease, critical illness insurance and life insurance. *Scandinavian Actuarial Journal*. 4. 279-313. <https://doi.org/10.1080/03461230310016992>
- Macdonald, A., Yu, F. (2011). The impact of genetic information on the insurance industry: conclusions from the 'bottom-up' modelling programme. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*. 41(2). 343-376. <https://doi.org/10.2143/AST.41.2.2136981>
- Lu, L., Macdonald, A., Waters, H., Yu, F. (2007). A dynamic family history model of hereditary nonpolyposis colorectal cancer and critical illness insurance. *Annals of Actuarial Science*. 2. 289-325. <https://doi.org/10.1017/S1748499500000373>
- Macdonald, A., Waters, H., Wekwete, C. (2003a). The genetics of breast and ovarian cancer II: A model of critical illness insurance. *Scandinavian Actuarial Journal*. 1. 28-50. <https://doi.org/10.1080/03461230308485>
- Macdonald, A., Waters, H., Wekwete, C. (2003b). The Genetics of Breast and Ovarian Cancer I: A Model of Family History. *Scandinavian Actuarial Journal*. 1(1):1-27. <https://doi.org/10.1080/03461230308486>
- Haçariz, O., Kleinow, T., Macdonald, A. (2020). Genetics, insurance and hypertrophic cardiomyopathy. *Scandinavian Actuarial Journal*. 2021(1). 54-81. <https://doi.org/10.1080/03461238.2020.1795714>
- Haçariz, O., Kleinow, T., Macdonald, A. (2022). An actuarial model of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and life insurance. *Scandinavian Actuarial Journal*. 2. 94-114. <https://doi.org/10.1080/03461238.2021.1930136>
- Macdonald, A., Waters, H., Wekwete, C. (2005a). A Model for Coronary Heart Disease and Stroke with Applications to Critical Illness Insurance Underwriting I: The Model. *North American Actuarial Journal*. 9(1). 13-40. <https://doi.org/10.1080/10920277.2005.10596182>

- Joly, Y., Ngueng Feze, I., Simard, J. (2013). Genetic discrimination and life insurance: a systematic review of the evidence. *BMC medicine*. 11(25). <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-25>
- Howard, R.C.W. (2014). Genetic Testing Model: If Underwriters Had No Access to Known Results. *Report to CIA Research Committee, Document 214082*.
- Арич, М., Щубелка, Х., Волфсбергер, В., Олексик, Т. (2024а). Чи потрібне Україні специфічне регулювання використання генетичної інформації для оцінки ризиків у страхуванні? *Фінанси України*. (2). 85-100. <https://doi.org/10.33763/finukr2024.02.085>
- Арич, М. (2025). Регулювання ринку страхування: чи змінила нова редакція Закону України «Про страхування» підходи доступу до генетичних даних людини для оцінки страхових ризиків? *Проблеми економіки*. 1(63). 281-287. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2025-1-281-287>
- Арич, М., Щубелка, Х., Волфсбергер, В., Олексик, Т. (2024б). Використання генетичної інформації для оцінювання страхових ризиків в Україні: нормативно-правове забезпечення. *Економіка України*. 67. 5(750). 78-92. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2024.05.078>
- Macdonald, A., Pritchard, D. (2000). A mathematical model of Alzheimer's disease and the ApoE gene. *ASTIN Bulletin*. 30(1). 69-110. <https://doi.org/10.2143/AST.30.1.504627>
- Gui, E., Macdonald, A. (2002). A Nelson-Aalen estimate of the incidence rates of early-onset Alzheimer's disease associated with the Presenilin-1 gene. *ASTIN Bulletin*. 32. 1-42. <https://doi.org/10.2143/AST.32.1.1012>
- Macdonald, A., Waters, H., Wekwete, C. (2005б). A Model for Coronary Heart Disease and Stroke with Applications to Critical Illness Insurance Underwriting II: Applications. *North American Actuarial Journal*. 9(1). 41-56. <https://doi.org/10.1080/10920277.2005.10596183>

Надійшла 29.07.2025

Прорецензована 25.08.2025

Доопрацьована 01.09.2025

Підписана до друку 08.09.2025

## REFERENCES

- Arych, M., Joly, Y. (2022). Genetic Discrimination in Access to Life Insurance: Does Ukrainian Legislation Offer Sufficient Protection against the Adverse Consequences of the Genetic Revolution to Insurance Applicants? *Laws*. 11(2). <https://doi.org/10.3390/laws11010002>
- Tiller, J., Delatycki, M. (2021). Genetic discrimination in life insurance: a human rights issue. *Journal of Medical Ethics*. 47(7). 484-485. <https://doi.org/10.1136/medethics-2021-107645>
- Gutiérrez, M., Macdonald, A. (2003). Adult polycystic kidney disease and critical illness insurance. *North American Actuarial Journal*. 7(2). 93-115. <https://doi.org/10.1080/10920277.2003.10596092>
- Gutiérrez, C., Macdonald, A. (2007). Adult polycystic kidney disease and insurance: A case study in genetic heterogeneity. *North American Actuarial Journal*. 11 (1). 90-118. <https://doi.org/10.1080/10920277.2007.10597439>
- Macdonald, A., Pritchard, D. (2001). Genetics, Alzheimer's disease and long-term care insurance. *North American Actuarial Journal*. 5(2). 54-78. <https://doi.org/10.1080/10920277.2001.10595985>

- Gutiérrez, M., Macdonald, A. (2004). Huntington's disease, critical illness insurance and life insurance. *Scandinavian Actuarial Journal*. 4. 279-313. <https://doi.org/10.1080/03461230310016992>
- Macdonald, A., Yu, F. (2011). The impact of genetic information on the insurance industry: conclusions from the 'bottom-up' modelling programme. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*. 41(2). 343-376. <https://doi.org/10.2143/AST.41.2.2136981>
- Lu, L., Macdonald, A., Waters, H., Yu, F. (2007). A dynamic family history model of hereditary nonpolyposis colorectal cancer and critical illness insurance. *Annals of Actuarial Science*. 2. 289-325. <https://doi.org/10.1017/S1748499500000373>
- Macdonald, A., Waters, H., Wekwete, C. (2003a). The genetics of breast and ovarian cancer II: A model of critical illness insurance. *Scandinavian Actuarial Journal*. 1. 28-50. <https://doi.org/10.1080/03461230308485>
- Macdonald, A., Waters, H., Wekwete, C. (2003b). The Genetics of Breast and Ovarian Cancer I: A Model of Family History. *Scandinavian Actuarial Journal*. 1(1). 1-27. <https://doi.org/10.1080/03461230308486>
- Haçarız, O., Kleinow, T., Macdonald, A. (2020). Genetics, insurance and hypertrophic cardiomyopathy. *Scandinavian Actuarial Journal*. 2021(1). 54-81. <https://doi.org/10.1080/03461238.2020.1795714>
- Hacariz, O., Kleinow, T., Macdonald, A. (2022). An actuarial model of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and life insurance. *Scandinavian Actuarial Journal*. 2. 94-114. <https://doi.org/10.1080/03461238.2021.1930136>
- Macdonald, A., Waters, H., Wekwete, C. (2005a). A Model for Coronary Heart Disease and Stroke with Applications to Critical Illness Insurance Underwriting I: The Model. *North American Actuarial Journal*. 9(1). 13-40. <https://doi.org/10.1080/10920277.2005.10596182>
- Joly, Y., Ngueng Feze, I., Simard, J. (2013). Genetic discrimination and life insurance: a systematic review of the evidence. *BMC medicine*. 11(25). <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-25>
- Howard, R.C.W. (2016). Genetic Testing Model for CI: If Underwriters of Individual Critical Illness Insurance Had No Access to Known Results of Genetic Tests. *Report to CIA Research Committee*. Document 214082.
- Arych, M., Shchubelka, Kh., Wolfsberger, W., Oleksyk, T. (2024a). Does Ukraine need a specific regulation related to the applying of genetic information for risk assessment in insurance? *Finance of Ukraine*. (2). 85-100. <https://doi.org/10.33763/finukr.2024.02.085> [in Ukrainian].
- Arych, M. (2025). Regulation of the Insurance Market: Has the Latest Version of the Law of Ukraine «On Insurance» Changed the Approaches to Accessing Human Genetic Data for the Evaluation of Insurance Risks? *The Problems of Economy*. 1(63). 281-287. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2025-1-281-287> [in Ukrainian].
- Arych, M., Shchubelka, Kh., Wolfsberger, W., Oleksyk, T. (2024b). Use of genetic information for insurance risk assessment in Ukraine: regulatory and legal framework. *Economy of Ukraine*. 67. 5(750). 78-92. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2024.05.078> [in Ukrainian].
- Macdonald, A., Pritchard, D. (2000). A mathematical model of Alzheimer's disease and the ApoE gene. *ASTIN Bulletin*. 30(1). 69-110. <https://doi.org/10.2143/AST.30.1.504627>
- Gui, E., Macdonald, A. (2002). A Nelson-Aalen estimate of the incidence rates of early-onset Alzheimer's disease associated with the Presenilin-1 gene. *ASTIN Bulletin*. 32. 1-42. <https://doi.org/10.2143/AST.32.1.1012>

Macdonald, A., Waters, H., Wekwete, C. (2005b). A Model for Coronary Heart Disease and Stroke with Applications to Critical Illness Insurance Underwriting II: Applications. *North American Actuarial Journal*. 9(1). 41-56. <https://doi.org/10.1080/10920277.2005.10596183>

Received on July 29, 2025

Reviewed on August 25, 2025

Revised on September 1, 2025

Signed for printing on September 8, 2025

*Mykhailo Arych*, PhD (Econ.), Associate Professor,  
Deputy Director of the Educational and Scientific Institute  
of Economics and Management  
National University of Food Technologies  
68, Volodymyrska St., Kyiv, 01601, Ukraine

ACTUARIAL ACTIVITIES IN INSURANCE:  
MODELS OF APPLYING GENETIC INFORMATION  
FOR LIFE INSURANCE AND CRITICAL ILLNESS INSURANCE

Models of applying genetic information in the context of actuarial activities in human life- and health-related risk insurance are defined and described, the actuarial significance of types of genetic information, which decisively affects the features of insurance risk assessment and/or establishing any other terms of life insurance and critical illness insurance contracts, is substantiated.

Methods of applying genetic information in actuarial activities are divided into corresponding models depending on the types of insurance and types of genetic information used both for insurance risk assessment and for actuarial activities in the insurance in general.

It is shown that in most of the models described, genetic information about the probability of disease occurrence is used specifically in critical illness insurance. It is determined that for insurance companies in the context of actuarial activities, one of the main types of genetic information is, firstly, genetic test results (including on the carrier status for a certain gene or the presence of a genetic mutation, for example, in the APKD1, APKD2, BRACA1, BRACA2 genes; the presence of the PSEN1 gene), and, secondly, the family medical history of the insurance applicant.

The actuarial significance of genetic information on the probability of developing diseases in insurance risk assessment and/or establishing any other terms of the insurance contract is studied and described. It is shown that one of the main factors in the growth of insurance premiums for life- and health-related risk insurance applicant is insurance company's awareness of data on the increased genetic risk of developing the relevant disease for insurance applicant.

**Keywords:** *insurance; genetic information; insurance risk assessment; actuarial activities; Ukraine.*

## ВИДАТНА УКРАЇНСЬКА ВЧЕНА-ЕКОНОМІСТКА Й ОСВІТЯНКА: ПАМ'ЯТІ ВІРИ ІВАНІВНИ КУЦЕНКО



22 серпня 2025 р. пішла з життя доктор економічних наук, професор Віра Іванівна Куценко — одна з видатних українських учених, що започаткували дослідження соціальної сфери України як окремого об'єкта наукового аналізу. Вона завжди обстоювала думку про особливо важливе значення для розвитку економіки і суспільства в цілому названої сфери, ще тоді коли її розглядали як другорядну й невиноробничу. Натомість сучасне наукове розуміння пріоритетності соціальної сфери як такої, що формує людський капітал — найважливіший чинник суспільно-економічного прогресу,

підтверджує глибину наукового передбачення Віри Іванівни. Загалом, виходячи з того, що вона володіла величезним науково-інтелектуальним досвідом, маємо підстави зазначити, що з відходом В.І. Куценко пішла ціла епоха в соціально-економічних дослідженнях.

Народилася В.І. Куценко 13 жовтня 1937 р. (за уточненими даними, оскільки в офіційних документах її рік народження вказувався як 1938) у місті Канєві Черкаської (тоді Київської) області, де навчалась у школі № 2. У 1964 р. закінчила географічний факультет Київського державного університету імені Т.Г. Шевченка. Трудову діяльність розпочала як освітянка, працюючи в школах Житомирської області.

З 1971 р. весь подальший трудовий шлях Віри Іванівни був пов'язаний з наукою: вона пройшла сходинками наукового зростання від аспірантки до завідувачки відділу і головної наукової співробітниці Ради по вивченню продуктивних сил України АН УРСР (у наступному — Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України, ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України») та Інституту демографії та проблем якості життя НАН України аж до виходу на пенсію з 2025 р. Віра Іванівна також продовжувала працювати на освітянській ниві, тривалий час викладаючи в закладах вищої освіти Національній академії педагогічних наук України, у Київському університеті культури і мистецтв, Міжрегіональній академії управління персоналом, Академії праці, соціальних відносин і туризму Федерації професійних спілок України.

За понад півстоліття своєї наукової діяльності В.І. Куценко внесла значний вклад у розвиток української економічної науки як одна з провідних фахівців, що досліджують теоретико-методологічні, методичні й практичні аспекти функціонування комплексу галузей соціально-гуманітарної сфери, формування і реалізації соціальної політики в нашій державі, територіальної організації соціальної інфраструктури, розвитку її новітньої техніко-технологічної бази. Важливе місце серед наукових напрацювань В.І. Куценко посідають розробки економічних і управлінських питань освітньої галузі, зокрема вищої освіти. Результати здійснених нею наукових досліджень використовувалися в діяльності органів законодавчої та виконавчої влади різних рівнів, а також місцевого самоврядування.

Науковий доробок В.І. Куценко дістав втілення в її численних публікаціях. Вона являла собою приклад надзвичайно плідного автора. Загальна кількість її наукових публікацій становить близько 650 праць, з них понад 60 монографій, у тому числі 14 індивідуальних. У її науковому доробку також навчальні посібники, брошури, статті в наукових, науково-популярних і суспільно-політичних виданнях. Віра Іванівна була багатолітнім автором журналу «Економіка України»; причому серед тих з них, хто передавав свій гонорар (а раніше передбачалась його сплата за наукові публікації) у фонд розвитку журналу, що відображало високі принципи безкорисливого служіння науці, повною мірою притаманні їй.

Велику увагу В.І. Куценко приділяла науково-педагогічній діяльності. Крім викладання у вищій школі, вона брала активну участь у формуванні нових поколінь наукових кадрів у аспірантурі й докторантурі, підготувавши цілу плеяду кандидатів і докторів наук.

Протягом своєї наукової та науково-педагогічної діяльності вона також була членом експертної комісії ВАК України, головним експертом Міністерства економіки України, входила до редколегій ряду спеціалізованих наукових і науково-практичних журналів. Її притаманною рисою завжди була активна життєва позиція: вона неодноразово обиралася до громадських органів за місцем роботи, свого часу активно працювала в Науково-економічному товаристві й у товаристві «Знання України». Усією душею сприйнявши ідею незалежності України, Віра Іванівна віддавала свої зусилля заради її утвердження, а під час подій Євромайдану була його активною учасницею, навіть у найтрагічніші дні.

Плідна праця В.І. Куценко була відзначена високими державними нагородами: почесним званням «Заслужений діяч науки і техніки України», знаком «Відмінник освіти України», медаллю «В пам'ять 1500-річчя Києва», а також Почесною грамотою від Президії Національної академії наук України і Центрального комітету профспілки працівників Національної академії наук України, Ювілейною почесною грамотою на честь 100-річчя Національної академії наук України, подяками від Кабінету Міністрів України, Київського міського голови, Шевченківської районної у місті Києві державної адміністрації, Президії Національної академії наук України, Федерації професійних спілок України.

Віра Іванівна Куценко запам'яталася тим, хто був поруч з нею, як надзвичайно працьовита, наполеглива вчена і принципова людина, чий життєвий шлях має слугувати прикладом відданого служіння науці. І тому наша скорбота перетворюється на обов'язок продовжувати її справу.

## РЕДАКЦІЙНА ПОЛІТИКА ТА ЕТИКА

**Доступ до змісту журналу.** Журнал «Економіка України» розповсюджується за передплатою друкованого або електронного варіанта. Відкритий доступ до повних версій статей журналу є на сайті журналу і на сайті Національної бібліотеки імені Вернадського відразу після їх розміщення.

**Принципи.** Редакційна політика журналу заснована на принципах об'єктивності та неупередженості при відборі статей з метою їх публікації; високих вимог до якості наукових досліджень; обов'язковості та конфіденційності рецензування статей; додержання колегіальності при ухваленні рішень щодо публікації статей; доступності та оперативності у спілкуванні з авторами; суворого дотримання авторських і суміжних прав (з укладанням з кожним автором (співавтором) Ліцензійного договору на використання твору).

Запобігання протизаконним публікаціям є відповідальністю кожного автора, редактора, рецензента, видавця, організації.

**Етика публікацій.** Редакційна колегія журналу вимагає від авторів наслідувати формальним та етичним правилам підготовки і публікації наукових робіт, що вони подають до редакції. Ці норми зумовлено стандартами якості наукових статей, прийнятими у світовому науковому співтоваристві, зокрема публікаційними принципами Publishing Ethics Resource Kit (PERK), рекомендаціями Elsevier, Комітету з етики публікацій (Committee on Publication Ethics, COPE), етичним кодексом вченого України, а також досвідом роботи іноземних та українських професіональних спільнот, наукових організацій, редколегій та редакцій видань.

### Етичні зобов'язання редакційної колегії журналу

1. Редакційна колегія несе відповідальність за рівень наукового наповнення журналу.
2. Всі наукові матеріали проходять ретельний відбір через подвійне «сліпе» рецензування. Редакційна колегія залишає за собою право відхилити статтю або повернути її на доопрацювання. Автор зобов'язаний доопрацювати статтю відповідно до зауважень рецензентів.
3. Редакційна колегія оцінює рукописи щодо їх наукового змісту без будь-яких расових, гендерних, сексуальних, релігійних, етнічних або політичних упереджень. Вона виносить об'єктивні рішення, які не залежать від комерційних або інших інтересів, і забезпечує чесний процес рецензування.
4. Редакційна колегія може відхилити рукопис без рецензування, якщо вважає, що він не відповідає профілю або в тексті виявлено плагіат.
5. Редакційна колегія виступає проти фальсифікації, плагіату, направлення автором одного рукопису до кількох журналів, багаторазового копіювання тексту статті в різних місцях, введення громадськості в оману щодо реального внеску автора в опубліковану наукову роботу.
6. Редакційна колегія має право вилучити вже опубліковану статтю в разі виявлення порушення будь-яких прав або загальноприйнятих норм наукової етики. Про даний факт вилучення статті редакція повідомляє як автору статті, так і організації, де було виконано дослідження.
7. Співробітники редакції не надають іншим особам інформації, пов'язаної із змістом рукописів, що перебувають на розгляді, крім осіб, які беруть участь у її фаховій оцінці.
8. Згідно з міжнародним законодавством щодо додержання авторського права на електронні інформаційні ресурси, матеріали сайту не можуть бути відтворені повністю або частково в будь-якій формі (електронній чи друкованій) без попередньої письмової згоди редакції журналу. При використанні опублікованих матеріалів у контексті інших документів обов'язково необхідними є посилання на першоджерело.
9. Редактори, автори і рецензенти повинні повідомляти про свої інтереси, які можуть вплинути на їх об'єктивність при редагуванні та рецензуванні матеріалів статей (випадок конфлікту інтересів). Такими можуть бути інтереси інтелектуального плану, фінансові, персональні, політичні, релігійні.

### Етичні зобов'язання автора

1. Автор несе повну відповідальність за зміст статті і сам факт її публікації.
2. Автор повинен цитувати ті публікації, які мали визначальний вплив на суть викладеного у статті. Необхідно також належним чином вказувати джерела принципово важливих матеріалів, використаних у даній роботі, якщо вони не були отримані самим автором.
3. Є недопустимими плагіат як оригінальна робота і подання до публікації раніше надрукованої статті. У випадку виявлення зазначених фактів відповідальність несе автор.
4. Співавторами статті мають бути всі ті особи, які зробили вагомий науковий внесок у подану роботу і поділяють відповідальність за отримані результати. Автор, який подає рукопис до публікації, відповідає за те, щоб до списку співавторів були включені тільки ті особи, які відповідають критерію авторства, і бере на себе відповідальність за згоду інших авторів статті на її публікацію в журналі.

## EDITORIAL POLICY AND ETHICS

**Access to the contents of the journal.** The journal «Economy of Ukraine» is circulated by the subscription of a printed or electronic version. The open access to the full versions of articles are on the journal's site and on the site of the Vernadsky National Library of Ukraine immediately after their posting.

**Principles.** The editorial policy of the journal is based on the principles of objectivity and impartiality at the selection of manuscripts with the purpose of their publication; high exactions to the quality of scientific studies; obligation and confidentiality of the reviewing of manuscripts; compliance of the collectivity in the decision making concerning the publication of manuscripts; accessibility and immediacy of the communication with the authors; strict compliance of author's and related rights (with the conclusion of the License agreement for the use of the work with each author (coauthor)).

The prevention of illegal publications is the responsibility of each author, editor, reviewer, publisher, and organization.

**Ethics of publications.** The Editorial Board of the journal demands that the authors keep the appropriate level of formal and ethical rules in the preparation and the publication of scientific works submitted to the Editorial Board of the journal. These norms are determined by the quality standards for scientific articles accepted in the world scientific community, in particular, by the publication principles of the Publishing Ethics Resource Kit (PERK), recommendations of the academic publishing house Elsevier, Committee on Publication Ethics (COPE), the ethic code of Ukraine's scientists, and the work experience of foreign and Ukrainian professional communities, scientific institutions, editorial boards, and editorial staffs.

### Ethic obligations of the Editorial Board of the journal

1. The Editorial Board is responsible for the level of the scientific content of the journal.
2. All scientific materials pass the careful selection and the «blind» reviewing. The Editorial Board reserves the right to reject a manuscript or to return it for a modification. The author must rework the manuscript in correspondence with the remarks of reviewers.
3. The Editorial Board evaluates manuscripts for their scientific content without any racial, gender, sexual, religious, ethnic or political bias, and makes the objective decisions independent of commercial or other interests, and ensures the fair process of reviewing.
4. The Editorial Board can reject a manuscript without reviewing, by considering that it does not correspond to the profile of the journal or plagiarism is detected in the text.
5. The Editorial Board opposes the falsification, plagiarism, submission of a single work into several journals, multiple copying of article's text in different places, and misleading the community as for author's real contribution to a specific scientific work.
6. The Editorial Board has right to withdraw the published article in the case of the violation of any rights or commonly accepted norms of the scientific ethics. About such fact of the withdrawal of the article, the Editorial Board will inform the author and the organization, where such work was executed.
7. The editorial staff provides no information concerning the content of a manuscript under consideration to any persons, except for those participating in its professional assessment.
8. According to the international legislation as for the compliance of author's rights, the materials of a site cannot be reproduced completely or partially in any form (electronic or printed) without the preliminary written agreement of the Editorial Board of the journal. If the published materials are used in the context of other acts, the citation of the original source should be obligatorily made.
9. Editors, authors, and reviewers must inform about their interests, which would affect their objectivity at the editing and reviewing of the manuscripts (the case of a conflict of interests). Such can be the intellectual, financial, personal, political, or religious interests.

### Ethic obligations of authors

1. The author bears the complete responsibility for the content of the article and for the very fact of its publication.
2. The author should cite those publications that had the defining influence on the essence of studies presented in the article and those that can rapidly inform the reader about the earlier works important for the comprehension of the given trend. It is necessary also to properly indicate the sources of basically significant results used in the, if those results were not got by the author his/herself.
3. The plagiarism as an original work and the submission of the earlier published article are impermissible. If such facts will occur, the author will bear the complete responsibility.
4. Coauthors of the article should be those persons who gave a weighty scientific contribution to the submitted work and share liability for the obtained results. The author submitting the manuscript for the publication is responsible for that the list of coauthors includes only those persons who correspond to the authorship criterion and takes the responsibility for the consent of other authors of the manuscript for its publication in the journal.

---

**ВІДКРИТО ПЕРЕДПЛАТУ**  
**на 2026 рік**

За Каталогом видань України «Преса поштою»:

- у відділеннях поштового зв'язку
- в операційних залах поштамтів у пунктах приймання передплати
- через сервіс Укрпошти «Онлайн-передплата»

**Передплатний індекс 74158**

---



Рекомендовано до друку Редакційною колегією журналу  
(протокол № 11 від 11.11.2025 р.)

Recommended for publication by the Editorial board  
(Minutes No. 11 of November 11, 2025)

При передруку посилання на журнал «Економіка України» обов'язкове  
While using refer to «Economy of Ukraine» is obligatory

**Адреса редакції:**

01011, Київ, вул. Панаса Мирного, 26, кім. 602

тел. +38 (044) 280-12-34

E-mail: [econom-ukraine@ukr.net](mailto:econom-ukraine@ukr.net)

<https://nasu-periodicals.org.ua/index.php/economyukr/index>

Редактор *І.В. Корнієнко*

Перекладач *А.О. Чепиленко*

Комп'ютерна верстка *К.М. Васильковська*

Підп. до друку 17.11.2025. Формат 70 × 108/16.

Гарн. Minion Pro. Тираж 129 прим.

---

Видавець і виготовлювач: ВД «Академперіодика» НАН України, 01004, Київ-4, вул. Терещенківська, 4.  
Свідцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001.

