

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

_____ **Ігор БОЛБОТ**

«__» _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри економічної
кібернетики**

_____ **Наталія РОГОЗА**

«__» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Оцінка позитивного впливу та ризиків цифрової трансформації
економіки»**

Спеціальність 051 «Економіка»

Освітньо-професійна програма «Цифрова економіка»

Гарант освітньої програми

д.е.н., професор

Володимир КРАВЧЕНКО

Керівник бакалаврської

кваліфікаційної роботи

к.е.н., доцент

Наталія КЛИМЕНКО

Виконала:

Ілона ТЕРЛЕЦЬКА

Київ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри**

доц., к. е. н. _____ **Наталія РОГОЗА**
“ ____ ” _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ**

Терлецькій Ілоні Олегівні

Спеціальність 051 «Економіка»

Освітньо-професійна програма «Цифрова економіка»

Тема роботи: **«Оцінка позитивного впливу та ризиків цифрової трансформації економіки»** затверджена наказом від «05» грудня 2025 року № 3008 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру – 27.05.2026

Вихідні дані до роботи (проекту) – дані WorldBank

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- а) Дослідити теоретико-методологічні засади цифрової трансформації
- б) Провести порівняльний аналіз
- в) Побудувати багатофакторну економетричну модель
- г) Здійснити кластерний аналіз
- д) Розробити прогностичні сценарії зростання ВВП

Дата видачі завдання “08” грудня 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ **Наталія КЛИМЕНКО**

Завдання взяв до виконання _____ **Ілона ТЕРЛЕЦЬКА**

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ.....	8
1.1. Концептуальні засади та еволюція цифрової парадигми розвитку	8
1.2. Роль державного регулювання у сприянні цифровій трансформації	10
1.3. Методичний інструментарій та системне проектування цифрової екосистеми (SADT, DFD).....	12
РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ	17
2.1. Світові тренди цифровізації та досвід Фінляндії як лідера цифрового розвитку	17
2.2. Аналіз стану цифрової трансформації в Україні у дзеркалі міжнародних рейтингів	21
2.3. Реінжиніринг та об'єктно-орієнтоване моделювання цифрової взаємодії (Use Case, BPMN, Sequence).....	26
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ	32
3.1. Побудова та верифікація регресійної моделі впливу чинників цифровізації на продуктивність праці	32
3.2. Кластерний аналіз та ідентифікація унікального статусу України у європейському цифровому просторі.....	39
3.3. Прогнозні сценарії зростання та проектування функціональних характеристик системи (FDD)	43
3.4. Комплексна оцінка ризиків та стратегічні пріоритети цифрового відновлення України	51
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
Додатки	61
ДОДАТОК А	61
ДОДАТОК Б.....	64

ВСТУП

Актуальність теми. Світова економіка зараз активно переходить до Четвертої промислової революції. Цей етап називають «Індустрія 4.0». Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) змінюють традиційні галузі. Вони трансформують бізнес-моделі. Також ІКТ є ключовим чинником макроекономічної стабільності. Цифровізація є критично важливою для України. Вона стимулює економічне зростання. Також цифровізація робить державне управління прозорішим. Прикладом є екосистема «Дія». Водночас цифровізація створює нові ризики. До них належать кіберзагрози. Також є ризик цифрового розриву. Зміни на ринку праці є ще одним викликом.

Питання цифрової трансформації є особливо важливим під час воєнного стану. Воно також важливе для подальшого повоєнного відновлення. У цих умовах цифрова стійкість стає основою національної безпеки. Проте для прийняття ефективних управлінських рішень необхідна не лише якісна оцінка, а й кількісне вимірювання впливу цифрових чинників на макроекономічні індикатори. Необхідність застосування сучасного математичного апарату для оцінювання позитивних ефектів та ідентифікації загроз цифровізації обумовлює вибір теми бакалаврської кваліфікаційної роботи.

Мета дослідження полягає у комплексній оцінці позитивного впливу та ідентифікації ризиків цифрової трансформації економіки України, а також у розробці стратегічних напрямів посилення цифрового потенціалу держави на основі методів економетричного моделювання та порівняльного аналізу.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні **завдання**:

- а) Дослідити теоретико-методологічні засади цифрової трансформації та еволюцію концепцій цифрової економіки.
- б) Проаналізувати роль державного регулювання та світовий досвід стимулювання цифрових перетворень (на прикладі Фінляндії).
- в) Оцінити позиції України у міжнародних цифрових рейтингах та дослідити трансформацію сучасних бізнес-моделей.

г) Побудувати та верифікувати багатofакторну економетричну модель впливу чинників цифровізації на продуктивність праці в Україні.

д) Провести порівняльний аналіз положення України в європейському цифровому просторі за допомогою методів кластеризації.

е) Класифікувати ключові ризики цифровізації та обґрунтувати стратегічні пріоритети цифрового розвитку України в умовах євроінтеграції.

Об'єктом дослідження є процес цифрової трансформації національної економіки України в умовах глобальних технологічних викликів.

Предметом дослідження. Існують методи та інструменти. Також є моделі та прикладні аспекти. Вони оцінюють вплив і ризики впровадження цифрових технологій.

Методи дослідження. У роботі використано комплекс методів економіко-математичного моделювання та системного аналізу. Застосовують різні методи. Це метод порівняння та індексний метод для аналізу міжнародних рейтингів. Також використовують кореляційно-регресійний аналіз. Він вимірює вплив ІКТ на ВВП. Для групування країн за цифровим розвитком застосовують метод k-середніх. SWOT-аналіз допомагає класифікувати ризики.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в удосконаленні кібернетичного підходу до оцінювання цифрового потенціалу економіки, а саме:

а) дістала подальшого розвитку економетрична модель продуктивності праці, яка, на відміну від існуючих, враховує лаговий вплив інноваційної активності та специфіку макроекономічної кон'юнктури України;

б) на основі кластерного аналізу ідентифіковано унікальну позицію України як «статистичного викиду» (outlier) серед країн Європи, що обумовлено диспропорцією між високим людським капіталом та недостатнім рівнем інвестицій в інфраструктуру;

в) удосконалено класифікацію ризиків цифрової трансформації, де вперше в системному виді виділено групу «воєнно-цифрових» ризиків та загроз кіберстійкості.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування розроблених моделей та рекомендацій органами державного управління (Міністерство цифрової трансформації, Міністерство економіки України) для моніторингу цифрового розвитку, прогнозування економічних ефектів від цифровізації та розробки заходів щодо мінімізації негативних наслідків цифрового розриву.

Інформаційною базою дослідження слугували законодавчі акти України, офіційні дані Державної служби статистики України, Світового банку (World Bank Open Data), звіти Всесвітнього економічного форуму (WEF), матеріали Міністерства цифрової трансформації України, а також праці провідних вітчизняних та зарубіжних науковців (Д. Тапскотта, Н. Негропonte та ін.).

Структура та обсяг роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг пояснювальної записки становить 64 сторінки комп'ютерного тексту. Робота містить 23 рисунки, 5 таблиць. Список використаних джерел нараховує 27 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

1.1. Концептуальні засади та еволюція цифрової парадигми розвитку

Сучасний розвиток світової економічної системи характеризується переходом до нової парадигми, в якій головними ресурсами та чинниками створення вартості є вже не енергія чи сировина, а інформація та знання. Процес цифрової трансформації, який ми спостерігаємо сьогодні, є логічним наслідком розвитку продуктивних сил та виробничих відносин. У науковій літературі цей етап називають Четвертою промисловою революцією («Індустрія 4.0»). За словами Клауса Шваба, він характеризується безпрецедентною швидкістю поширення інновацій, що має системний вплив на всі сектори, а також інтеграцією фізичного, біологічного та цифрового світів [23].

Розвиток промислових структур свідчить про поступове витіснення ручної та механічної праці інтелектуальними системами. Якщо перша та друга революції базувалися на механізації та електрифікації, а третя - на автоматизації за допомогою електроніки, то четверта революція ґрунтується на кіберфізичних системах. Її рушійними силами є штучний інтелект (ШІ), Інтернет речей (ІоТ), великі дані та хмарні обчислення, які становлять основу функціонування «інтелектуальних» підприємств та мереж без втручання людини.

З точки зору економічної кібернетики цифрова трансформація базується на трьох основних законах, що визначають динаміку складних систем:

а) Закон Мура: емпіричне спостереження, згідно з яким продуктивність мікропроцесорів подвоюється кожні 18–24 місяці, тоді як вартість одиниці обчислювальної потужності знижується. Це зробило ІКТ доступними для масового споживання та економіки.

б) Закон Меткалфа: стверджує, що фінансова вигода мережі зростає пропорційно до квадрата кількості її учасників (n^2). Ця теоретична основа пояснює вибухове зростання сучасних цифрових платформ: чим більше

учасників залучено до екосистеми, тим вища додана вартість, яку вона генерує для кожного з них [6].

в) Закон Хільдера: пропускна здатність каналів зв'язку зростає втричі швидше, ніж обчислювальна потужність, що дозволяє миттєво обмінюватися величезними обсягами інформації.

Теоретичне закріплення поняття «цифрова економіка» відбулося в середині 1990-х років. У 1994 році Дон Тапскотт у своїй праці «Цифрова економіка» запропонував концепцію «мережевого інтелекту», за якою люди, комп'ютери та знання зливаються в єдину живу екосистему для створення цінності [24]. Майже одночасно Ніколас Негропonte сформулював ідеологію трансформації як перехід від «обробки атомів до обробки бітів». Він стверджував, що традиційна економіка (атоми) обмежена фізичною масою, логістикою та виснаженням ресурсів, тоді як «біт-економіка» працює з цифровими об'єктами, які не мають ваги, можуть миттєво переміщуватися та копіюватися з майже нульовими граничними витратами [19].

Сучасна цифрова трансформація супроводжується глибокою модернізацією традиційних секторів. Для України цей процес є стратегічною можливістю здійснити «технологічний стрибок». Як зазначають вітчизняні дослідники, використовуючи високий інтелектуальний потенціал свого людського капіталу, Україна може пропустити застарілі етапи промислового розвитку та інтегруватися у глобальні ланцюги створення вартості на основі цифровізації.

Узагальнення наукових джерел дозволяє виділити ключові риси цифрової трансформації:

а) Дані як нова форма капіталу: інформація стає стратегічним фактором виробництва. Підприємства, що використовують data mining та Predictive Analytics, отримують перевагу завдяки розумінню майбутніх потреб споживачів [8].

б) Платформізація бізнесу: лінійні моделі замінюються цифровими платформами - багатосторонніми ринками (Uber, Amazon, Netflix), які за

допомогою алгоритмів координують виробників і споживачів, тим самим різко знижуючи трансакційні витрати [22].

в) Економіка спільного використання: цифрові платформи дають змогу ефективно використовувати раніше невикористані ресурси (житло, транспортні засоби) і таким чином підвищують загальну ресурсну ефективність системи [11].

Таким чином, цифрова трансформація є глобальним макроекономічним процесом, який перетворює інформацію на найважливіший фактор виробництва. Вона відкриває шлях до експоненціального зростання, але водночас несе системні ризики, що вимагають обережного державного регулювання.

1.2. Роль державного регулювання у сприянні цифровій трансформації

Успішна цифрова трансформація національної економіки вимагає системного та проактивного державного регулювання. У контексті четвертої промислової революції роль держави змінюється: від суворого нагляду до виконання функцій стратегічного формувача екосистеми. Державне регулювання в цій сфері - це комплекс організаційних, правових та економічних заходів, спрямованих на створення інституційного середовища, що мінімізує трансакційні витрати та сприяє впровадженню ІКТ у всіх сферах суспільного життя [10].

З точки зору економічної кібернетики держава бере на себе роль «керуючої підсистеми». Традиційна модель управління поступається місцем концепції «держава як платформа»; згідно з цією концепцією уряд надає базову технологічну інфраструктуру та відкриті стандарти (API, реєстри, цифрові ідентифікатори), на основі яких приватний сектор розробляє інноваційні послуги [9].

Система державного регулювання цифровізації в Україні базується на чотирьох стратегічних напрямках:

а) Інституційна та законодавча підтримка: створення правового поля для електронної комерції, блокчейну та захисту персональних даних. Згідно з дослідженням В. І. Ляшенка, цифрова модернізація вимагає реформування

інституцій, які мають стати гнучкими та здатними адаптуватися до технологічних змін. Ухвалення Концепції розвитку цифрової економіки заклало основу для інтеграції України у цифровий внутрішній ринок ЄС.

б) Розвиток інфраструктури: Держава виступає гарантом цифрової інклюзії. Візія «Україна 2030Е» передбачає, що доступ до високошвидкісного інтернету є базовим суспільним благом, яке вкрай необхідне для подолання «цифрового розриву» [13].

в) Цифровізація державного сектору (GovTech): Створення Міністерства цифрової трансформації у 2019 році ознаменувало перехід до моделі «держава у смартфоні». Запровадження бренду «Дія» дозволило цифровізувати взаємодію з державою. Як зазначає В. Іонан, це стало стратегічним фактором економічної стабільності в умовах війни, оскільки радикально зменшило корупційну ренту та часові витрати для бізнесу [4].

г) Спеціальні правові рамки: Запровадження «Diia.City» поєднало низьке податкове навантаження з елементами англійського права, що сприяло збереженню інтелектуального капіталу та забезпеченню стабільних валютних надходжень (понад 2 мільярди доларів експорту на квартал, навіть у 2022 році).

Міжнародний досвід, зокрема провідна роль Фінляндії, демонструє переваги моделі «економіки реального часу» (RTE). Фінський підхід базується на повній автоматизації бізнес-процесів: від електронних рахунків до автоматичної звітності. Україна активно впроваджує цей досвід через угоди про співпрацю, що передбачають спільну відбудову телекомунікаційної інфраструктури та зміцнення кібербезпеки [5].

Однак регулювання має враховувати й ризики: автоматизація рутинних робіт може призвести до структурного безробіття, а мережеві ефекти сприяють монополізації ринку глобальними гігантами [1]. Кібербезпека критичної інфраструктури є особливим пріоритетом, оскільки будь-яка вразливість у цифровій мережі може призвести до значних економічних втрат.

Таким чином, державне регулювання в цифрову епоху стає створенням «правил гри» для безперешкодного потоку даних. Ефективність цього процесу

залежить від здатності держави застосовувати сучасні методологічні підходи до оцінки цифрового потенціалу, що розглядається в наступному підрозділі [8].

1.3. Методичний інструментарій та системне проектування цифрової екосистеми (SADT, DFD)

Оцінка ефективності цифрової трансформації є складним науково-практичним завданням через комплексний характер цифровізації, яка впливає на всі рівні економічної системи. З точки зору економічної кібернетики цифрова трансформація розглядається як динамічний процес зміни стану системи, що вимагає відповідного комплексу показників для відстеження її розвитку. Методичні інструменти аналізу можна умовно розділити на дві групи: методи описової індикації (міжнародні індекси та рейтинги), а також інструменти структурно-функціонального моделювання та економетричного аналізу.

Методи вимірювання та індикації базуються на використанні інтегральних (композитних) індексів, які об'єднують десятки окремих показників у єдину оцінку. Найвідомішими інструментами в цій категорії є:

- а) Індекс глобальної конкурентоспроможності 4.0 (GCI). Він дозволяє визначити, як технологічна готовність країни впливає на продуктивність праці [17].
- б) Індекс мережевої готовності (NRI). Він оцінює готовність економік використовувати можливості ІКТ у таких категоріях: технології, люди, управління та вплив [20].
- в) Глобальний індекс інновацій (GII). Він допомагає виявляти перешкоди, що стоять на заваді комерціалізації цифрових розробок [18].
- г) Індекс цифрової економіки та суспільства (DESI). Він використовується для моніторингу цифрового прогресу та інтеграції у внутрішній цифровий ринок ЄС [18].

Однак для глибокого розуміння механізмів функціонування системи оцінки цифрової трансформації слід застосовувати методи системного аналізу та моделювання структури. У рамках цього дослідження було розроблено концептуальну модель «Системи оцінки позитивних наслідків та ризиків

економічної цифрової трансформації» з використанням методології SADT (Structured Analysis and Design Technique).

На рис. 1.1 представлено контекстну діаграму системи (рівень A-0), створену відповідно до стандарту IDEF0. Вона дозволяє візуалізувати систему як «чорну скриньку» з визначеними інтерфейсними дугами.

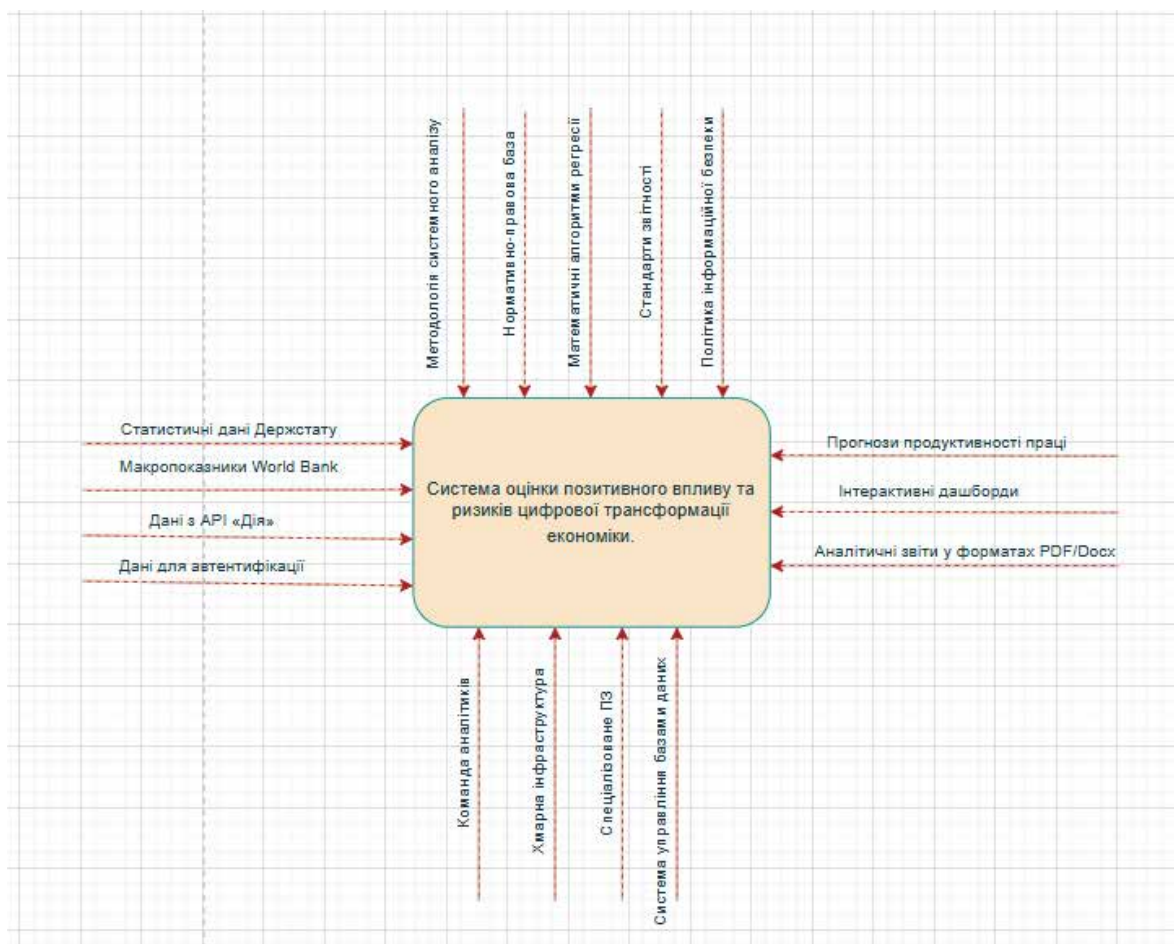


Рис. 1.1. Контекстна діаграма системи оцінки цифрової трансформації (методологія SADT/IDEF0)[розроблено автором]

Щоб забезпечити системний характер дослідження, розроблена модель (див. рис. 1.3) базується на принципах ICOM (Input, Control, Output, Mechanism). Кожна стрілка на контекстній діаграмі A-0 має чітке функціональне призначення в рамках кібернетичного циклу оцінювання:

1. Контрольні листи (Control – верхня межа блоку):

а) «Правові рамки»: визначають межі аналітичної легітимності. Йдеться про закони щодо захисту даних та цифровізації, які обмежують систему

та запобігають використанню конфіденційної інформації поза межами дозволених норм.

б) «Стандарти звітності»: це надзвичайно важливий елемент контролю. У кібернетиці стандарти діють як «фільтри ентропії». Вони визначають формат, у якому має бути представлена інформація (наприклад, стандарти ISO або вимоги Євростату). Якщо вхідні дані не відповідають стандартам, вони вважаються «шумом», а не корисною інформацією.

в) «Методика системного аналізу» та «алгоритми регресії»: Вони виконують функцію математичного регулювання, що визначає логіку перетворення вхідних даних у вихідні.

2. Вхідні форми (вхід - ліва межа блоку):

а) «Дані державної статистики» та «макроекономічні показники Світового банку»: Це зовнішні сигнали про стан економічного середовища.

б) «Збір макроекономічних показників»: процес, що охоплює агрегацію даних за 12 років (ВВП, експорт ІКТ, інфляція). Це «сировина», яка без обробки не має прогностичної цінності.[26]

в) «Дані з Diia-API»: вони забезпечують динаміку системи, надаючи доступ у режимі реального часу до актуальної інформації про рівень цифровізації послуг.

3. Арки механізму (механізм - нижня межа блоку):

а) «Команда аналітиків»: людський інтелект, який інтерпретує результати.

б) «Спеціалізоване програмне забезпечення» та «хмарна інфраструктура»: обчислювальна потужність, що реалізує математичні алгоритми регресії та кластеризації.

4. Вихідні ланки (вихід - права межа блоку):

а) «Прогнози» та «Звіти»: кінцевий продукт системи, що має нульову ентропію та є основою для прийняття рішень державним управлінням.

Для деталізації внутрішньої логіки та забезпечення високої ентропії управління система була поділена на окремі функціональні модулі (рис. 1.2).

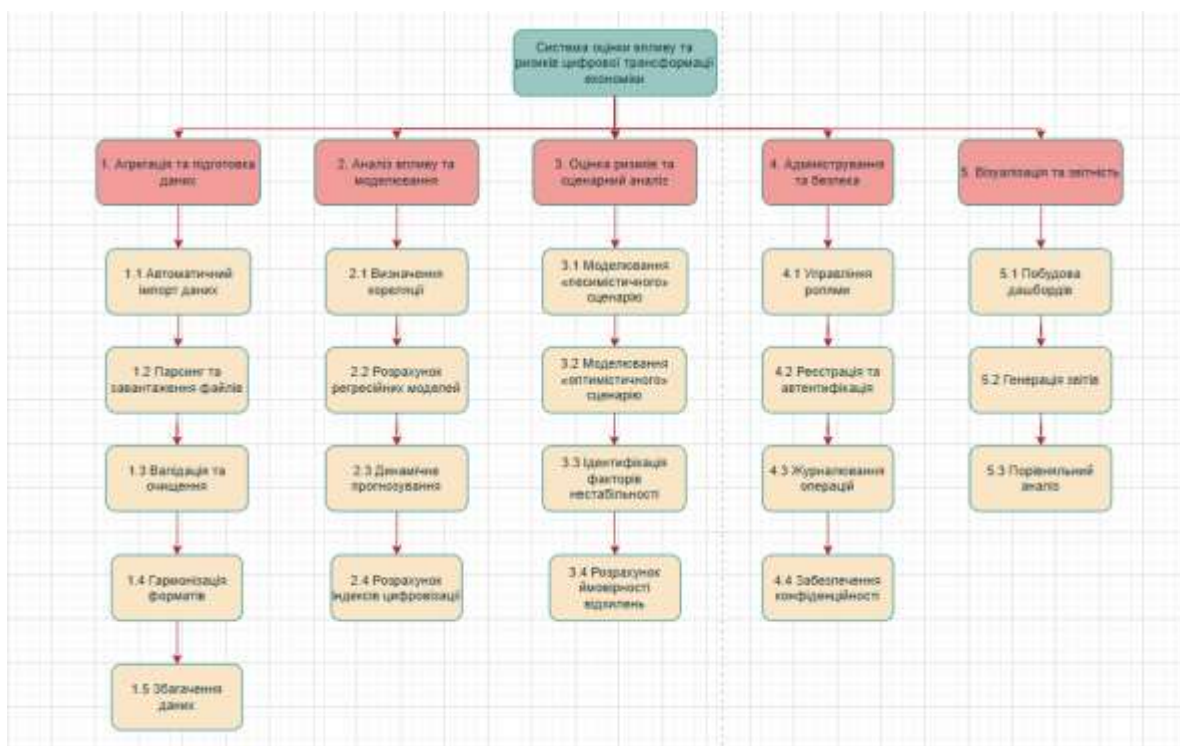


Рис. 1.2. Функціональна декомпозиція системи оцінки впливу цифровізації[розроблено автором]

Як показано на рис. 1.2, архітектура системи складається з п'яти ієрархічних рівнів управління:

1) Агрегація та обробка даних: забезпечує автоматичний імпорт, синтаксичний аналіз, перевірку та збагачення даних для подальшого аналізу.

2) Аналіз впливу та моделювання: серцевина системи, в якій виконуються кореляційні обчислення, створюються регресійні моделі та розраховуються індекси цифровізації.

3) Оцінка ризиків та аналіз сценаріїв: дозволяє моделювати «оптимістичні» та «песимістичні» сценарії розвитку, виявляючи при цьому фактори нестабільності.

4) Управління та безпека: забезпечує реєстрацію, автентифікацію та розподіл ролей доступу.

5) Візуалізація та звітність: останній етап, що включає створення звітів та порівняльний аналіз.

Логіка інформаційного потоку між зовнішніми учасниками та системою описана за допомогою діаграми потоку даних (DFD), яка представлена на рис. 1.3.

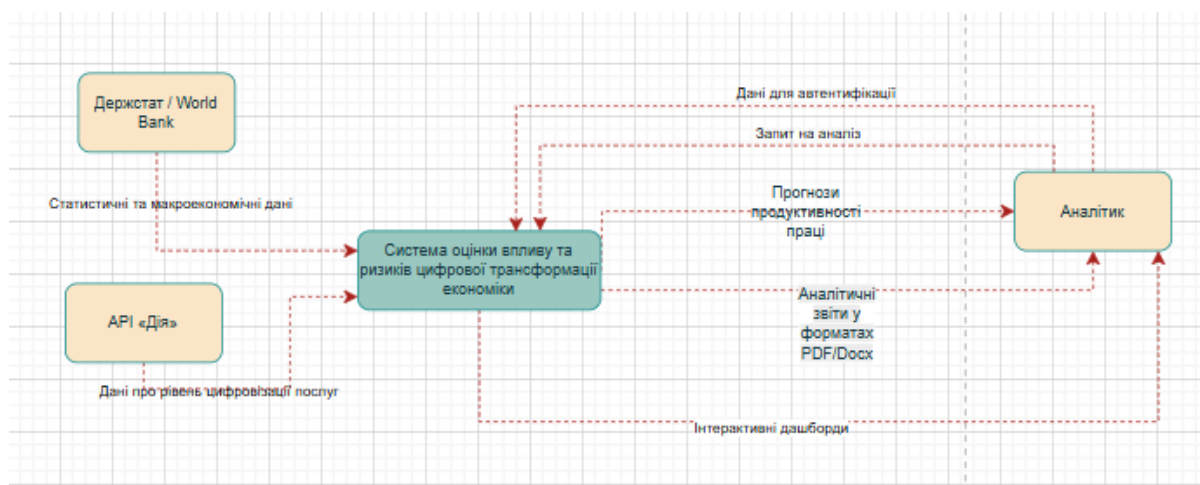


Рис. 1.3. Діаграма потоків даних (DFD) процесу цифрової оцінки ризиків[розроблено автором]

Модель DFD (рис. 1.3) ілюструє замкнутий кібернетичний цикл: аналітик формує запит на аналіз, система звертається до зовнішніх джерел (Державне статистичне управління, Світовий банк, API «Дія»), обробляє отримані макроекономічні дані та надає перевірені прогнози й інтерактивні інформаційні панелі.

Поєднання описових методів індикації (міжнародні рейтинги) та інструментів системного проектування (SADT, DFD) дозволяє створити цілісну методологічну основу. Це створює передумови для переходу від якісного опису цифровізації до її кількісного вимірювання за допомогою економетричних моделей, що реалізується в наступних розділах роботи .

У першому розділі представлено всебічне дослідження теоретичних та методологічних основ економічної цифрової трансформації. Встановлено, що сучасна цифрова парадигма є результатом розвитку промислових революцій, що базуються на технологічних законах Мура та Меткалфа. Підкреслено ключову роль держави як стратегічного регулятора, який завдяки цифровізації державного сектору забезпечує мінімізацію трансакційних витрат. Були обґрунтовані методологічні інструменти дослідження, які вперше поєднали аналіз

міжнародних складених індексів із систематичною концепцією аналітичної системи з використанням методів SADT та DFD. Це створило необхідну основу для проведення практичного аналізу та побудови економетричних моделей у наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

2.1. Світові тренди цифровізації та досвід Фінляндії як лідера цифрового розвитку

Сучасні глобальні тенденції цифрової трансформації характеризуються переходом від фрагментарного впровадження ІТ-рішень до створення цілісних національних цифрових екосистем. У контексті Четвертої промислової революції провідні країни розглядають цифровізацію не як окрему галузь, а як міжгалузеву технологію, що докорінно змінює архітектуру економічних відносин. Одним із центральних напрямків розвитку є перехід до «цифровізації, орієнтованої на людину», в якій штучний інтелект, великі дані та хмарні обчислення використовуються для мінімізації соціальної нерівності та підвищення макроекономічної стабільності.

З точки зору економічної кібернетики досвід Фінляндії є еталонною моделлю такого розвитку. Країна демонструє найвищі показники ефективності адміністративної системи, в якій державне регулювання, освітній сектор та приватний сектор взаємодіють у синергії.

Статус Фінляндії як глобального технологічного лідера підтверджується даними Глобального індексу інновацій (GII) за 2025 рік. Згідно з останнім звітом, Фінляндія посідає 7-ме місце серед 139 економік світу (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Позиція Фінляндії у Глобальному індексі інновацій (ГІІ) 2025 [21]

Аналіз позиції Фінляндії в регіональному порівнянні (рис. 2.1) показує, що країна посідає 4-те місце серед 39 європейських економік і входить до топ-10 країн з високим рівнем доходу. Для кібернетичного аналізу важливо розглянути динаміку інноваційної діяльності Фінляндії за останні роки (рис. 2.2).

Рік	Позиція GII	Інноваційні вкладення	Інноваційні результати
2020 рік	7-й	8-й	8-й
2021 рік	7-й	6-й	9-й
2022 рік	9-й	6-й	9-й
2023 рік	6-й	5-й	9-й
2024 рік	7-й	5-й	9-й
2025 рік	7-й	5-й	10-й

Рис. 2.2. Динаміка інноваційних інвестицій та результатів Фінляндії (2020–2025) [21]

Як показують дані на рис. 2.2, протягом останніх п'яти років Фінляндія утримувала надзвичайно стабільні позиції. У 2025 році країна посіла 5-те місце за інвестиціями в інновації (Innovation Inputs) та 10-те місце за результатами інноваційної діяльності (Innovation Outputs).

Такий дисбаланс (вищі вклади, ніж результати) є ознакою стратегічних інвестицій у фундамент системи: людський капітал, дослідницьку інфраструктуру та якість інституційного середовища.

Готовність Фінляндії до мережевої економіки підтверджується аналізом за методологією Networked Readiness Index (NRI). Загальна оцінка країни становить понад 80 балів, що значно перевищує середній показник країн з високим рівнем доходу (High-income group average). Детальний профіль за категоріями NRI наведено на рис. 2.3.

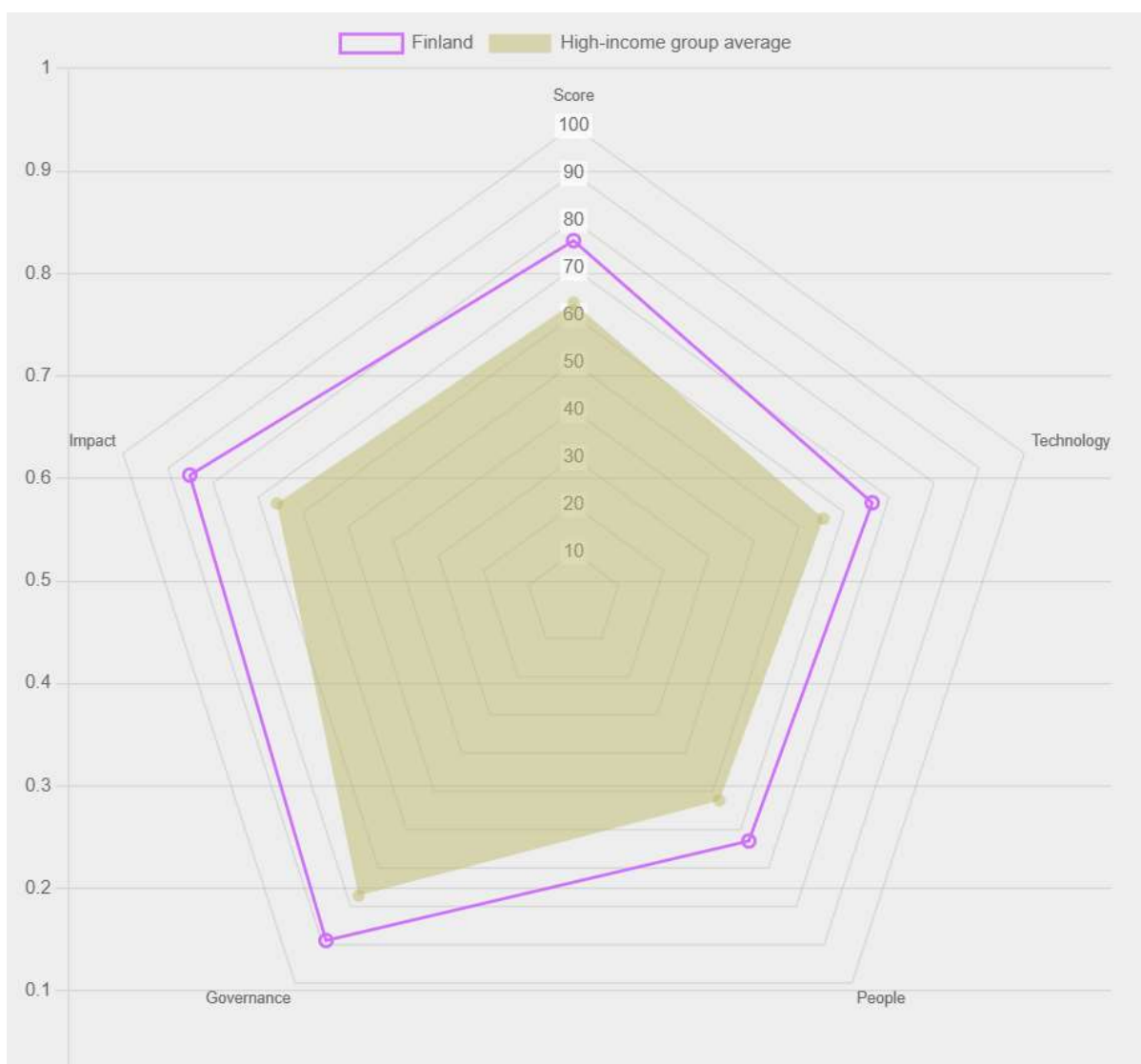


Рис. 2.3. Радіографічна діаграма цифрової готовності Фінляндії за категоріями NRI [20]

Аналіз радіографічної діаграми (рис. 2.3) дозволяє визначити найважливіші фактори успіху:

а) **Категорія «Управління» (Governance):** Фінляндія набирає майже максимальну кількість балів, що зумовлено повною цифровізацією державних реєстрів та високим рівнем кібербезпеки.

б) **Категорія «Вплив» (Impact):** Високий показник підтверджує, що цифрові інвестиції Фінляндії дійсно позначаються на якості життя громадян та продуктивності підприємств.

в) **Категорія «Technology»:** Країна випереджає своїх міжнародних конкурентів за покриттям мережі 5G та використанням хмарних обчислень у промисловості.

Основою фінського успіху є проект «Real-Time Economy» (RTE). Його суть полягає у переході до автоматизованого обміну бізнес-даними (рахунками, податковими деклараціями, договорами) у режимі реального часу. Це дозволяє фінським малим та середнім підприємствам, які становлять понад 93 % ринку, практично повністю усунути витрати на ручну обробку документів, що мінімізує трансакційні витрати на макроекономічному рівні [5].

Кібермодель Фінляндії базується на тому, що освіта випереджає вимоги ринку. Країна посідає перше місце у світі за рівнем ІКТ-компетентностей у середній та вищій школі. Фінська система готує не лише користувачів технологій, а й розробників складних алгоритмічних систем, що дозволяє Фінляндії бути батьківщиною таких лідерів ринку, як Nokia, Supercell та Rovio [21].

Отже, досвід Фінляндії свідчить: цифрова трансформація стає рушієм ВВП лише тоді, коли її підтримують висока якість управління та інвестиції в «інноваційні ресурси». Для України, яка, згідно з попереднім аналізом, є «статистичним винятком», фінська модель автоматизації бізнес-процесів у режимі реального часу (RTE) та пріоритетність людського капіталу є важливими орієнтирами для виходу з інституційної пастки.

2.2. Аналіз стану цифрової трансформації в Україні у дзеркалі міжнародних рейтингів

Цифрова трансформація України є складним, нелінійним процесом, що відбувається в умовах екстремальної волатильності зовнішнього середовища. Для об'єктивної оцінки траєкторії розвитку національної економічної системи необхідно проаналізувати динаміку ключових міжнародних індексів, які виступають індикаторами стану системи у глобальному координатному просторі. З погляду економічної кібернетики, моніторинг таких показників як Глобальний інноваційний індекс (GII), Індекс готовності до мережі (NRI) та Глобальний індекс конкурентоспроможності (GCI) дозволяє ідентифікувати закономірності адаптації системи до кризових явищ.

Узагальнену динаміку позицій України за Глобальним інноваційним індексом (GII), Індексом готовності до мережі (NRI) та Глобальним індексом конкурентоспроможності (GCI) представлено на рис. 2.4.

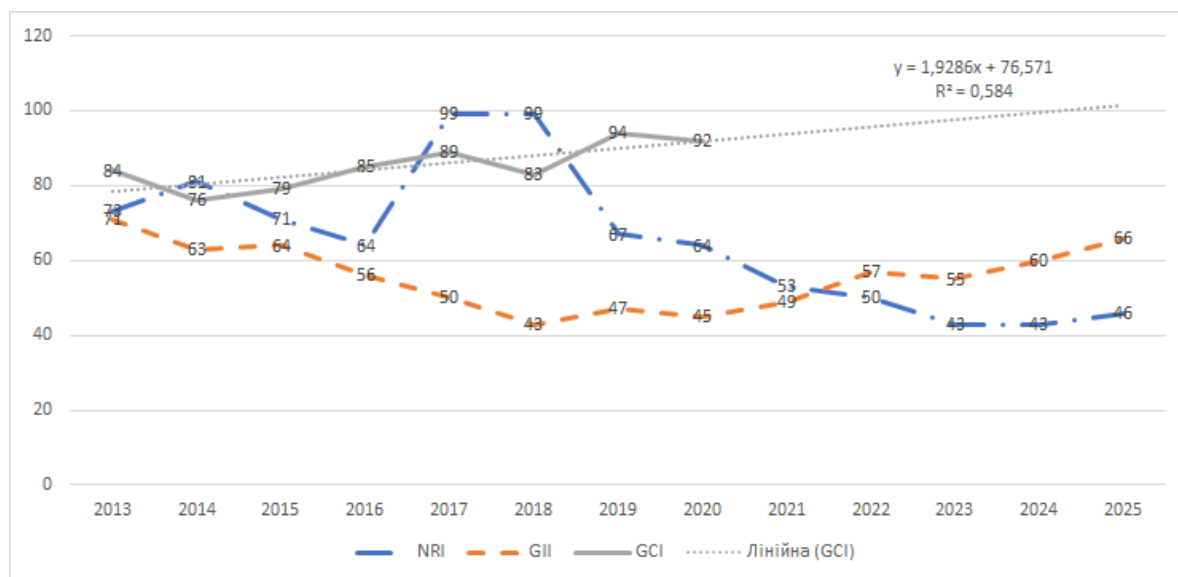


Рис. 2.4. Динаміка позицій України у міжнародних цифрових рейтингах (2013–2025 рр.) [17, 18, 20]

Найбільш значущим для кібернетичного аналізу на рис. 2.4 є розрив між траєкторіями загальної конкурентоспроможності та технологічної готовності. Лінійна апроксимація тренду GCI, виражена рівнянням $y = 1,9286x + 76,571$, свідчить про поступову втрату позицій у традиційних секторах (середній темп

зниження рангу складає близько 2 пунктів на рік). Коефіцієнт детермінації $R^2=0,584$ підтверджує, що цей негативний тренд є стійким і зумовлений макроекономічною нестабільністю.

Проте, лінії NRI та GII демонструють іншу логіку. Ми бачимо «точку перегину» у 2019 році (після створення Міністерства цифрової трансформації), коли показник NRI почав стрімко покращуватися, досягнувши 46-го місця у 2025 році. Це доводить, що цифрова підсистема економіки розвивається випереджаючими темпами, виступаючи «компенсатором» для загального економічного спаду.

Згідно з актуальними даними Глобального інноваційного індексу за 2025 рік, Україна посідає 66-те місце (рис. 2.5). Хоча в загальному заліку спостерігається певне просідання порівняно з піковим 2018 роком (43-тє місце), глибинний аналіз виявляє унікальну структурну властивість системи.



Рис. 2.5. Позиції України у Глобальному інноваційному індексі (ГІІ) 2025 [20]

Незважаючи на падіння загального рангу через воєнні дії, Україна демонструє феноменальну ефективність як «Innovation overperformer» (рис. 2.5). Це означає, що результати інноваційної діяльності країни значно перевищують очікування, сформовані на основі рівня ВВП.

Figure 5 Innovation overperformers, relative to economic development

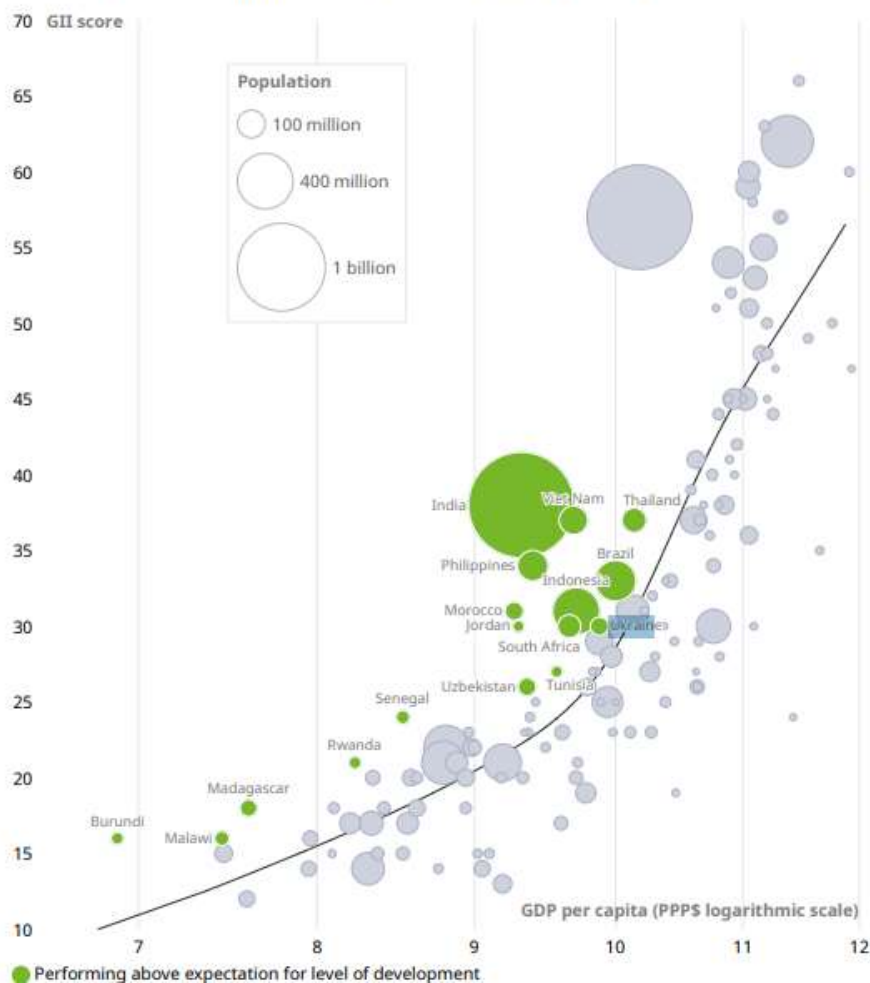


Рис. 2.6. Співвідношення інноваційних результатів та рівня економічного розвитку України [20]

З погляду системного аналізу (рис. 2.6), Україна входить до вузької групи країн (разом із В'єтнамом, Індією та Філіппінами), які здатні конвертувати обмежений фінансовий капітал у високу додану вартість інтелектуальної праці. Це підтверджує нашу тезу про людський капітал як головний стабілізатор системи.

Динаміка NRI на рис. 2.7 демонструє найбільш радикальні зміни: від 99-го місця у 2017 р. до 46-го місця у 2025 р. Це свідчить про успішне формування технологічного базису та GovTech-рішень. Структурний аналіз стовпів NRI (рис. 2.6) дозволяє виявити внутрішні диспропорції системи.

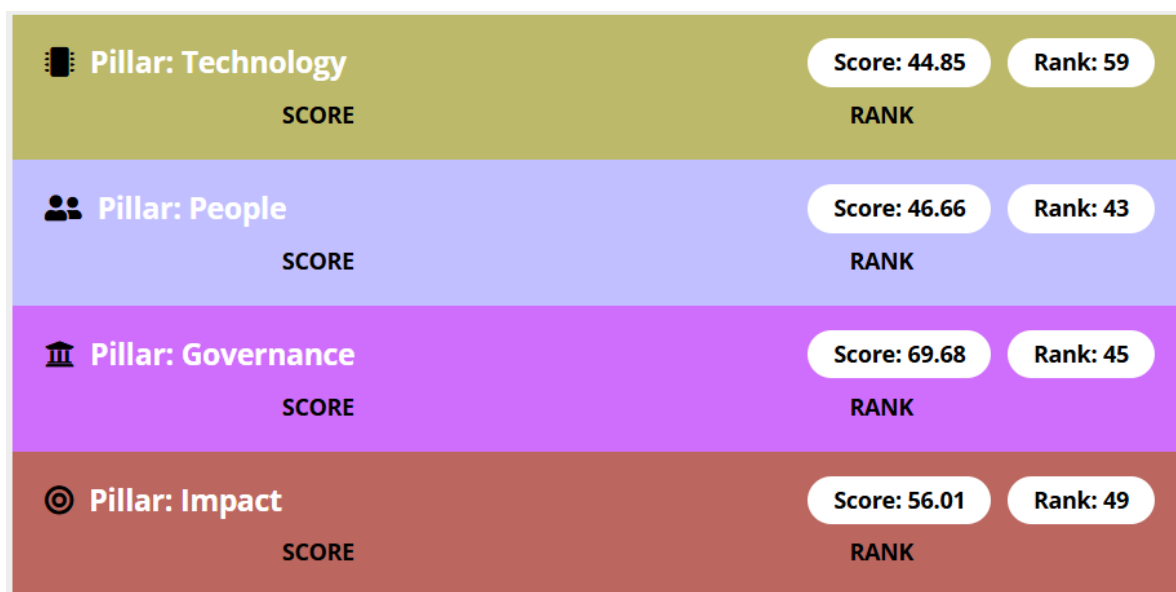


Рис. 2.7. Стан компонентів цифрової готовності України за ключовими стовпами [20]

Аналіз балів та рангів на рис. 2.7 дозволяє ідентифікувати «точки сили» та «вузькі місця»:

а) **Стовп «Governance» (Управління) - бал 69.68 (45-те місце).** Це найвищий результат, який відображає успіх реінжинірингу бізнес-процесів у межах екосистеми «Дія». Висока оцінка врядування свідчить про те, що керуюча підсистема держави стала цифровою швидше, ніж об'єкти управління.

б) **Стовп «People» (Люди) - бал 46.66 (43-тє місце).** Підтверджує стабільно високий рівень компетенцій та 1-ше місце у світі за окремими параметрами грамотності.

в) **Стовп «Technology» (Технології) - бал 44.85 (59-те місце).** Це «критична точка» системи. Низький ранг у цій категорії ідеально корелює з нашою регресійною моделлю (Розділ 3.1), де чинник «імпорт ІКТ-товарів» мав найбільший стимулюючий коефіцієнт. Це доводить: Україні бракує не ідей чи навичок, а фізичного «заліза» та серверних потужностей.

Порівняння України з середніми показниками її доходної групи (рис. 2.8) наочно демонструє, що за всіма параметрами (Impact, Technology, Governance, People) наша країна виступає локомотивом своєї групи.

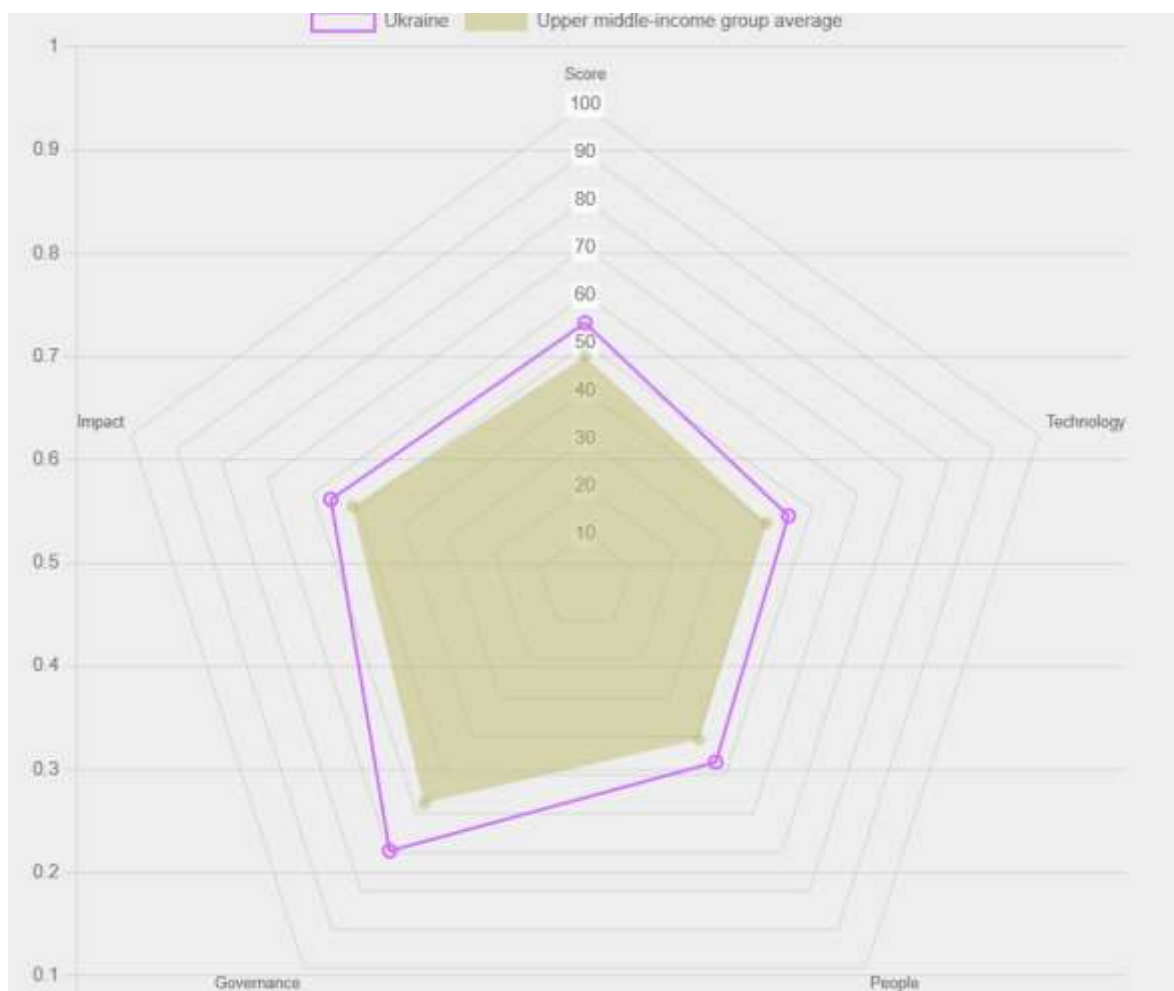


Рис. 2.8. Профіль цифрової готовності України у порівнянні з країнами своєї групи [20]

Як демонструє рис. 2.8, Україна випереджає середні значення за всіма п'ятьма вимірами готовності. Це свідчить про те, що цифрова трансформація в Україні має випереджаючий характер - технологічний розвиток рухається швидше за економічне відновлення.

Попри високі темпи цифровізації, аналіз рейтингів виявляє критичні бар'єри. Головним із них є інституційна крихкість. Як зазначав В. І. Ляшенко, за відсутності верховенства права технологічні досягнення залишаються вразливими до зовнішніх шоків [7]. Україна зберігає статус «статистичного викиду» (outlier): ми маємо кадровий потенціал рівня Фінляндії, проте фінансову систему та стабільність (стовпи GCI) на рівні країн третього світу.

Тенденція 2022–2025 рр. вказує на формування моделі «цифрової фортеці»: ІТ-експорт став опорою валютної стабільності (45,3% у структурі експорту

послуг), а GovTech («Дія») забезпечив керуваність держави в умовах війни [4]. Проте для подолання статусу «викиду» необхідно ліквідувати інфраструктурний розрив (стовп Technology), що потребує залучення інвестицій, спроектованих у нашій FDD-моделі (Розділ 3.3).

Отже, аналіз міжнародних рейтингів підтверджує: Україна має унікальний цифровий профіль з надлишковим когнітивним капіталом. Це створює методичне підґрунтя для переходу до кількісного економетричного моделювання, яке дозволить виміряти, як саме ці позиції у рейтингах трансформуються у реальний приріст ВВП.

2.3. Реінжиніринг та об'єктно-орієнтоване моделювання цифрової взаємодії (Use Case, BPMN, Sequence)

Цифрова трансформація спричиняє фундаментальне перетворення архітектури економічних відносин. Традиційні бізнес-моделі, що базувалися на лінійних ланцюгах створення вартості, поступово витісняються динамічними мережевими структурами. З погляду економічної кібернетики, цей процес є реінжинірингом - радикальним перепроєктуванням бізнес-процесів для досягнення суттєвих покращень у ключових показниках ефективності (витратах, якості, швидкості). Фундаментальний зсув полягає у переході від «економіки атомів» з високими транзакційними витратами до «економіки бітів», де інформаційні потоки рухаються майже миттєво [19].

Для проектування таких систем у сучасній науці використовується модель А. Остервальдера, яка описує дев'ять взаємопов'язаних блоків бізнесу: від ціннісних пропозицій до структури витрат. Цифровізація дозволяє автоматизувати кожен із цих блоків, перетворюючи статичну бізнес-модель на адаптивну систему, що здатна до самонавчання на основі великих даних [10].

Для детального дослідження функціональних можливостей цифрових систем оцінки та управління в межах даної роботи було застосовано інструментарій об'єктно-орієнтованого моделювання (UML). На рис. 2.9 представлена діаграма прецедентів (Use Case Diagram), яка ілюструє рольову

модель взаємодії акторів із розробленою системою оцінки цифрової трансформації.

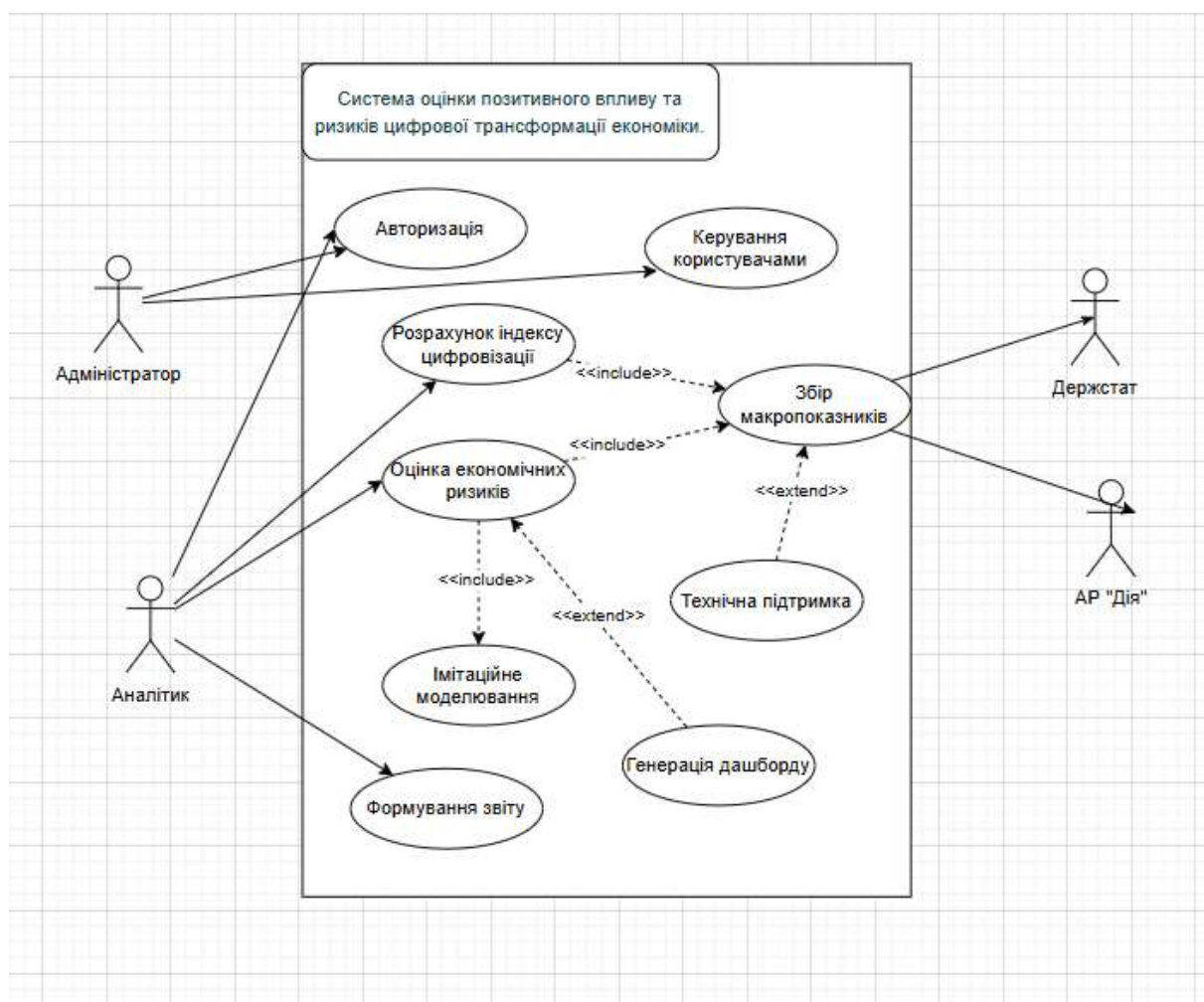


Рис. 2.9. Діаграма прецедентів системи аналізу впливу та ризиків цифровізації[розроблено автором]

Згідно з рис. 2.9, у системі виділено два типи внутрішніх акторів та дві зовнішні сутності. Адміністратор відповідає за базові функції: авторизацію та керування правами користувачів. Головним користувачем є Аналітик, який ініціює складні процеси: розрахунок індексів цифровізації, оцінку економічних ризиків та формування аналітичних звітів. Особливістю моделі є відношення <<include>>, яке показує, що розрахунок індексів та оцінка ризиків обов'язково включають процедуру «Збору макропоказників» через автоматизовані інтерфейси (API) Держстату та екосистеми «Дія». Наявність зв'язку <<extend>> для технічної підтримки та генерації дашбордів підкреслює гнучкість системи до потреб користувача.

Важливим кроком реінжинірингу є перехід від паперового документообігу до платформних рішень. Як зазначає Дж. Паркер, платформи (на прикладі Uber чи Amazon) виграють конкурентну боротьбу саме за рахунок зниження витрат на пошук та перевірку інформації [22]. В Україні аналогічну роль «державної платформи» виконує екосистема «Дія». Впровадження цифрових документів та автоматичних послуг дозволило радикально спростити бізнес-процеси, що раніше вимагали фізичної присутності та тривалих погоджень [3].

Динаміку реалізації аналітичних процесів та логіку прийняття рішень відображено на BPMN-діаграмі (Business Process Model and Notation) (рис. 2.10). Модель описує алгоритм обробки даних від моменту отримання верифікованого масиву до передачі прогнозів для оцінки ризиків.

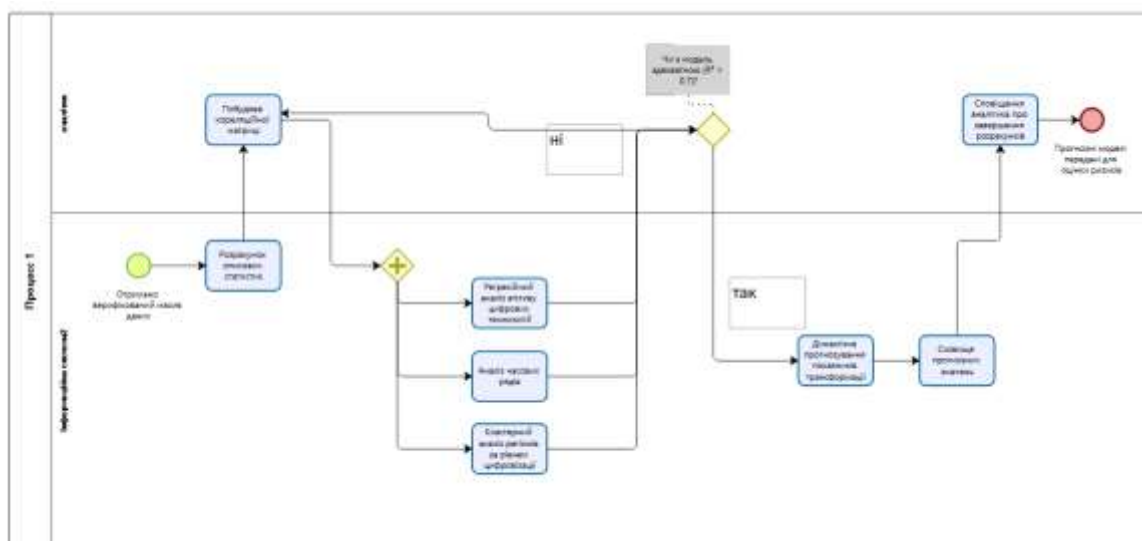


Рис. 2.10. Модель бізнес-процесу аналізу впливу цифровізації у нотатції BPMN[розроблено автором]

Модель процесу аналізу (рис. 2.10) демонструє внутрішній алгоритм функціонування системи. Опис кожного елемента логічного ланцюжка дозволяє зрозуміти механізм зниження трансакційних витрат:

- 1. Початкова подія та розрахунок описових статистик:** Система автоматично перевіряє масив даних на наявність пропусків та аномалій. Це перший рівень верифікації, що запобігає передачі помилкових сигналів на наступні етапи.

2. **Паралельний шлюз (AND-gateway):** Це ключова перевага цифрової моделі. На відміну від традиційного послідовного аналізу, система одночасно запускає:

- а) *Регресійний аналіз:* для виявлення сили впливу чинників.
- б) *Класстерний аналіз:* для визначення позиції об'єкта в середовищі.
- в) *Аналіз часових рядів:* для виявлення сезонних коливань.

3. **Ексклюзивний шлюз (Decision Gateway) - «Чи є модель адекватною? ($R^2 > 0.7$)?»:**

а) Це механізм зворотного зв'язку (feedback loop). Якщо коефіцієнт детермінації занизький, система блокує подальші кроки і повертає Аналітика до етапу «Побудови кореляційної матриці». Це автоматизований контроль якості, який виключає можливість видачі хибних прогнозів.

4. **Динамічне прогнозування та Сховище:** Тільки верифікована інформація потрапляє у базу даних, що забезпечує високу надійність системи.

Для деталізації часових аспектів взаємодії між об'єктами системи побудовано **діаграму послідовності (Sequence Diagram)** (рис. 2.11).

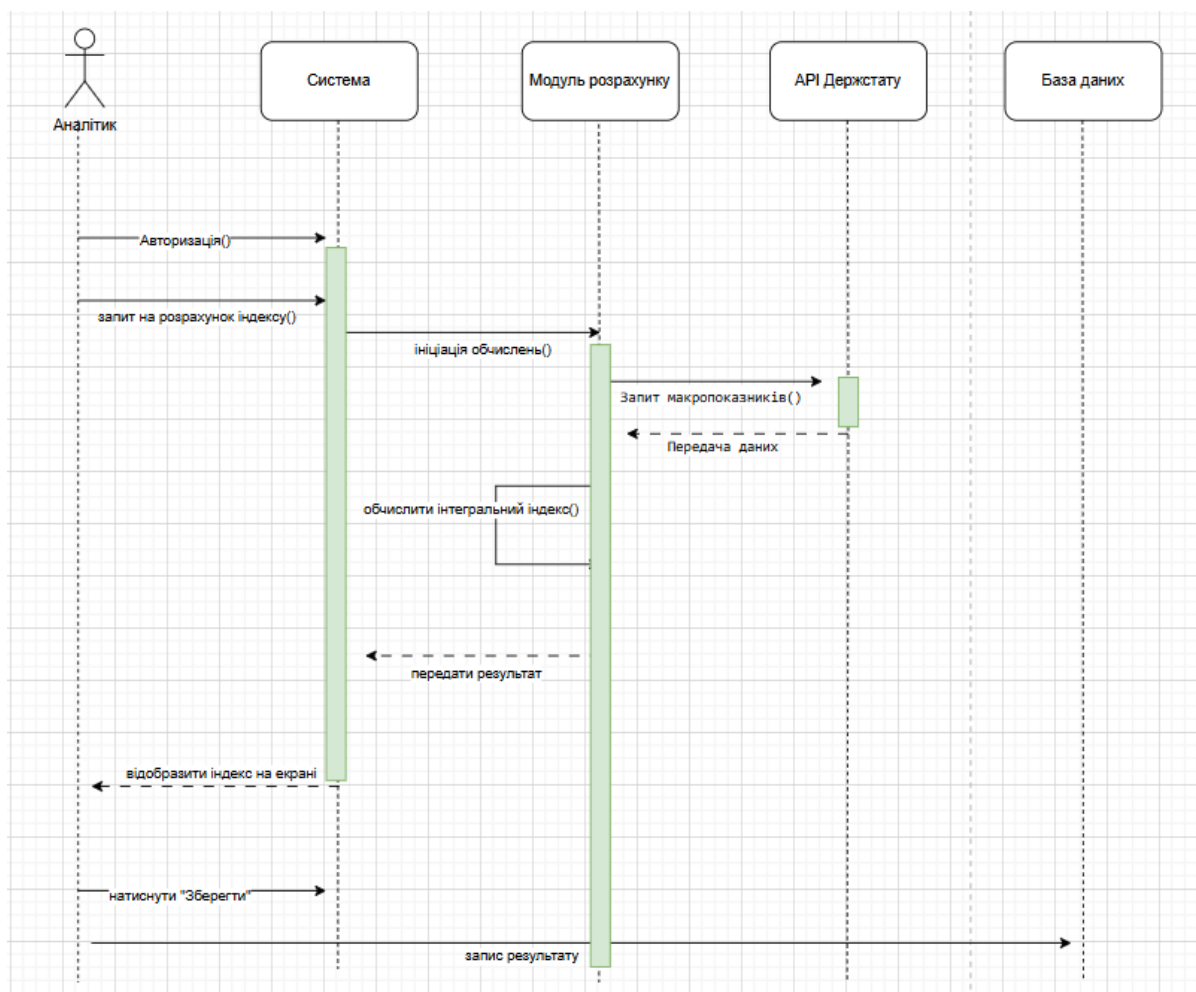


Рис. 2.11. Діаграма послідовності процесу розрахунку інтегральних показників цифровізації[розроблено автором]

Діаграма послідовності (рис. 2.11) розкриває «протокол» обміну повідомленнями між об'єктами у часі:

- а) **Стрілка «Запит на розрахунок індексу»:** Ініціює активацію Модуля обчислень.
- б) **Стрілка «Запит макропоказників» до API Держстату:** Показує автоматизований характер системи. Вона не чекає паперових звітів, а самостійно «витягує» дані через програмний шлюз.
- в) **Стрілка «Запис результату»:** Фіналізує транзакцію. Весь цикл від запиту аналітика до відображення дашборду на екрані займає мілісекунди, що ілюструє концепцію Real-Time Economy.

Трансформація бізнес-моделей під впливом таких структурних змін проявляється у чотирьох напрямках:

- а) **Платформізація:** заміна прямого продажу на надання інфраструктури для трансакцій .
- б) **Модель підписки:** перехід від трансакційного до сервісного доходу (на прикладі Netflix або SaaS).
- в) **Монетизація даних:** перетворення інформації про клієнтів у стратегічний актив для предиктивної аналітики.
- г) **Sharing Economy:** підвищення завантаженості активів через цифрові інтерфейси спільного використання.

Отже, структурно-функціональне моделювання за допомогою UML та BPMN дозволяє не лише описати поточний стан цифрової трансформації, а й проектувати нові, більш ефективні бізнес-процеси. Це створює методичне підґрунтя для переходу до кількісного вимірювання впливу цих процесів на макроекономічні індикатори, що буде детально розглянуто у третьому розділі дослідження.

У другому розділі проведено аналітичне оцінювання та кібернетичне моделювання стану цифрової трансформації. Порівняльний аналіз лідерів цифрового розвитку (Фінляндія) та України за допомогою міжнародних індексів (GCI, NRI, GII) виявив значний невикористаний потенціал українського людського капіталу. Завдяки розробці комплексу структурних моделей (Use Case, BPMN, Sequence) розкрито внутрішню логіку функціонування цифрових екосистем. Встановлено, що ключовим ефектом цифровізації є зниження трансакційних витрат через автоматизацію взаємодії акторів та впровадження платформних бізнес-моделей. Проведене моделювання підтвердило доцільність переходу до економетричного аналізу для оцінки впливу цих структурних змін на продуктивність праці.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ

3.1. Побудова та верифікація регресійної моделі впливу чинників цифровізації на продуктивність праці

Перехід до кількісного оцінювання ефектів цифрової трансформації потребує застосування адекватного економетричного інструментарію. У межах даного дослідження центральним завданням є вимірювання впливу технологічних та макроекономічних факторів на інтегральний показник ефективності національної економіки - ВВП України. З погляду кібернетики, ми розглядаємо національну економіку як складну динамічну систему, де цифровізація виступає керуючим параметром.

Для проведення економетричного аналізу було сформовано вибірку статистичних показників України за 2011–2022 рр. До первинного набору факторів увійшли: обсяг ВВП, частка користувачів Інтернету, експорт ІКТ-послуг, імпорт ІКТ-товарів, високотехнологічний експорт та рівень інфляції. Повний масив вихідних даних наведено у Додатку А (табл. А.1). На початковому етапі дослідження було відібрано п'ять потенційних факторів впливу (X) на результативний показник - ВВП (Y):

1. **X1 (Individuals using the Internet, % of population):** частка населення, що має доступ до мережі. Цей показник характеризує базовий рівень цифрової інклюзії.

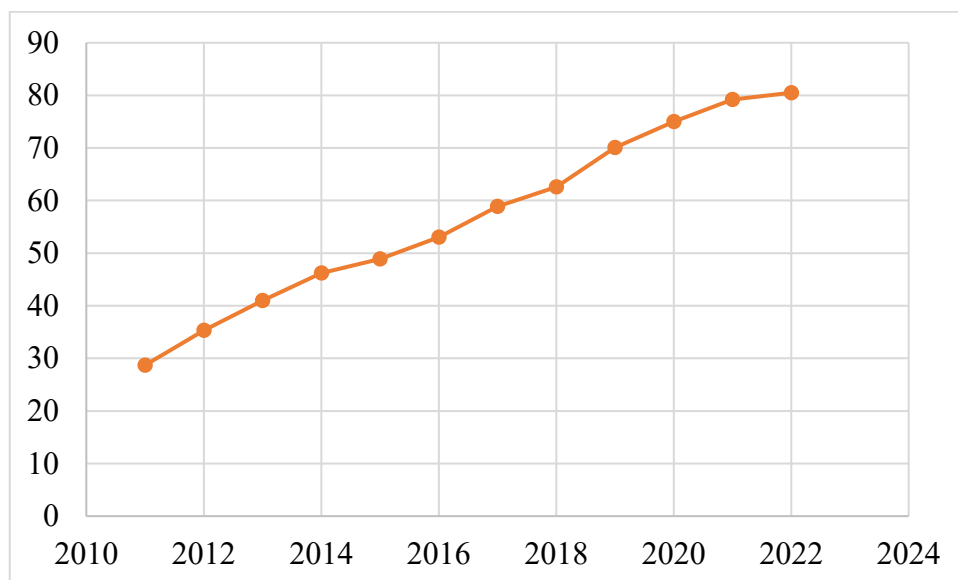


Рис. 3.1. Individuals using the Internet, % of population[26]

2. **X2 (ICT service exports, % of service exports):** показник валютної ефективності та інтеграції українського ІТ-сектору у світовий ринок.

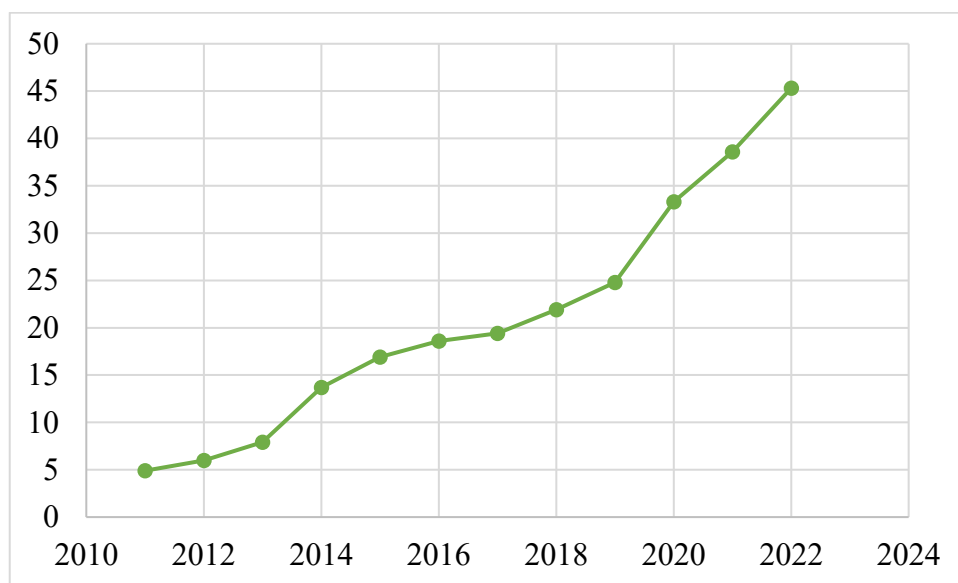


Рис. 3.2. ICT service exports, % of service exports[26]

3. **X3 (ICT goods imports, % of total goods imports):** індикатор закупівлі високотехнологічного обладнання для модернізації вітчизняних підприємств.

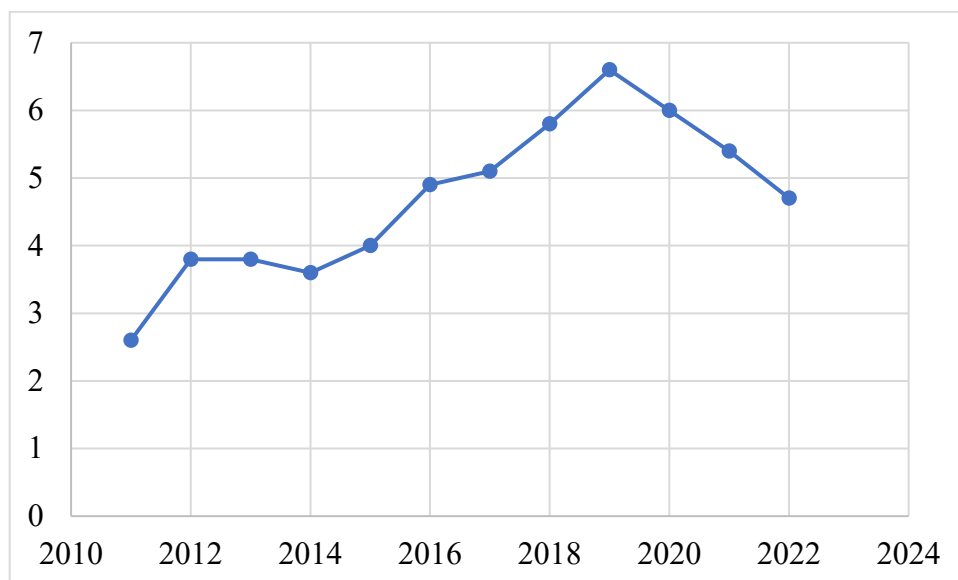


Рис. 3.3. ICT goods imports, % of total goods imports[26]

4. **X4 (High-technology exports, % of manufactured exports):** частка промислової високотехнологічної продукції (авіація, приладобудування).

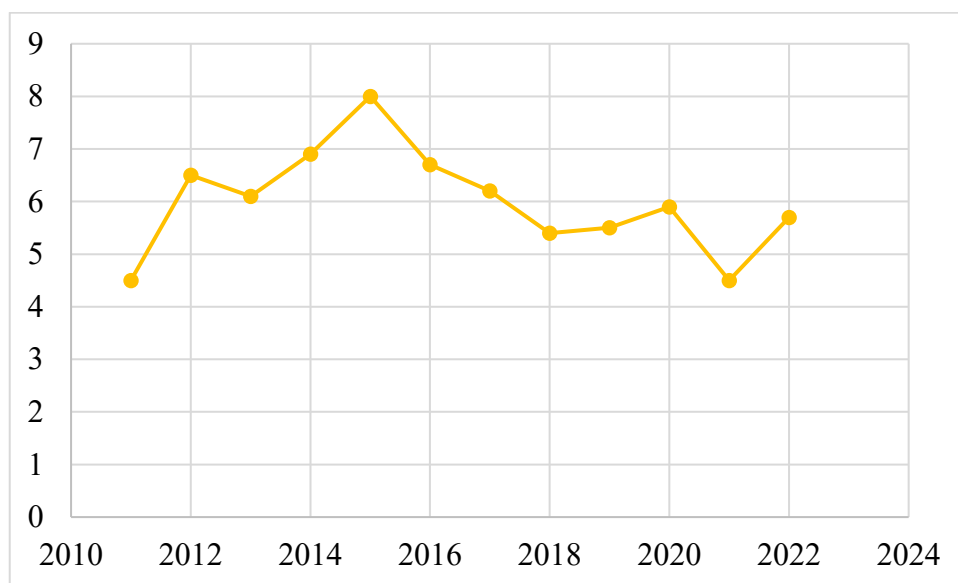


Рис. 3.4. High-technology exports, % of manufactured exports[26]

5. **X5 (Inflation, consumer prices, annual %):** контрольна змінна макроекономічної нестабільності та ризику.

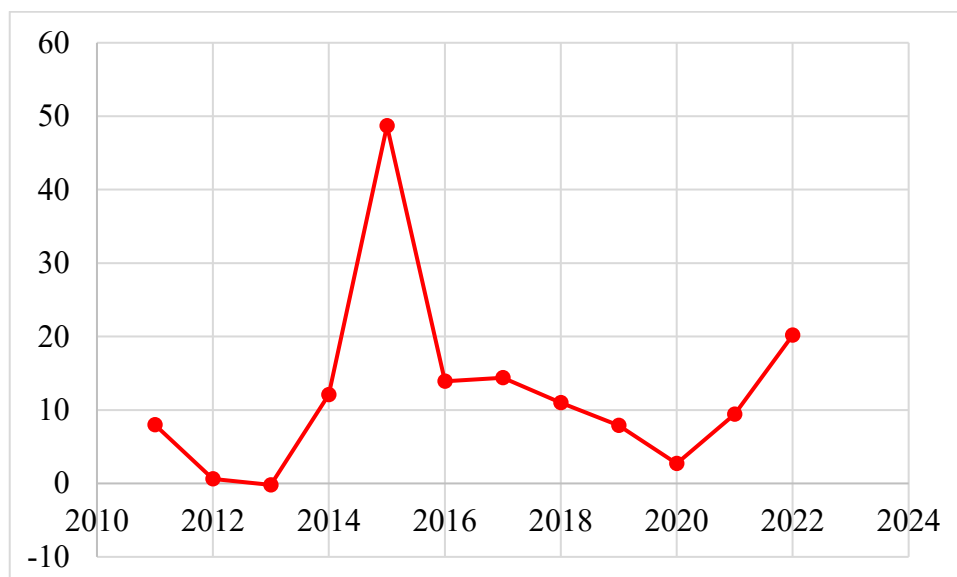


Рис. 3.5. Inflation, consumer prices, annual %[26]

Першим етапом економетричного аналізу стала перевірка якості вхідних даних за допомогою побудови матриці парних коефіцієнтів кореляції (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Матриця парних коефіцієнтів кореляції

	<i>Ben</i>	<i>Individuals using the Internet (% of population)</i>	<i>ICT service exports (% of service exports, BoP)</i>	<i>ICT goods imports (% of total goods imports).</i>	<i>High-technology exports (% of manufactured exports).</i>	<i>Inflation, consumer prices (annual %)</i>
ВВП	1					
Individuals using the Internet (% of population)	0,967	1				
ICT service exports (% of service exports, BoP)	0,960	0,963	1			
ICT goods imports (% of total goods imports)	0,742	0,815	0,643	1		
High-technology exports (% of manufactured exports)					1	
Inflation, consumer prices (annual %)						1

total goods imports).						
High-technology exports (% of manufactured exports).	-0,458	-0,267	-0,278	-0,185	1	
Inflation, consumer prices (annual %)	0,004	0,067	0,142	-0,106	0,565	1

Аналіз результатів, представлених на табл. 3.1, виявив критичну проблему - високу мультиколінеарність. Коефіцієнт кореляції між ВВП (Y) та показником Individuals (X1) становить 0,967. Окрім цього, показник Individuals майже ідеально корелює з експортом ІКТ-послуг ($r=0,962$).[25]

З погляду економічної кібернетики, це свідчить про те, що обидві змінні дублюють один і той самий часовий тренд зростання. Використання показника Individuals (X1) у регресійній моделі призведе до зміщення оцінок, значних стандартних помилок та явища «хибної регресії». Більше того, для України показник охоплення населення інтернетом близький до насичення, тоді як експорт послуг (X2) відображає якісний, вартісний внесок цифровізації.

На основі проведеної діагностики було прийнято рішення про оптимізацію моделі шляхом вилучення змінної X1 (Individuals). Це дозволило зосередити аналіз на факторах, які мають різну природу походження та меншу взаємозалежність, що підтверджується оновленою матрицею кореляції (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Матриця парних коефіцієнтів кореляції (оптимізована)

	<i>gdp</i>	<i>ICT service exports (%)</i>	<i>ICT goods imports (%)</i>	<i>High-technology</i>	<i>Inflation, consumer</i>
--	------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------	----------------------------

		<i>of service exports, BoP)</i>	<i>of total goods imports).</i>	<i>exports (% of manufactured exports).</i>	<i>prices (annual %)</i>
ВВП	1				
ICT service exports (% of service exports, BoP)	0,960	1			
ICT goods imports (% of total goods imports).	0,742	0,643	1		
High-technology exports (% of manufactured exports).	-0,458	-0,278	-0,185	1	
Inflation, consumer prices (annual %)	0,005	0,142	-0,106	0,565	1

Застосування методу найменших квадратів (МНК) до решти чотирьох факторів дозволило отримати верифіковану модель. Результати розрахунку представлені у звіті «Summary Output» (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Протокол регресійного аналізу

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,995
R Square	0,989
Adjusted R Square	0,984
Standard Error	1896
	82,75
	6
Observations	12

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	4	2,449E+13	6,123E+12	170,179	4,749E-07
Residual	7	2,519E+11	35979547753		
Total	11	2,473E+13			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	1907728,382	502802,729	3,794	0,007	718788,856	3096667,909	718788,9	3096668
ICT service exports (% of service exports, BoP)	86046,538	6834,3175	12,590	4,60359E-06	69885,94541	102207,131	69885,95	102207,1
ICT goods imports (% of total goods imports).	297280,547	67923,041	4,377	0,003	136668,077	457893,017	136668,1	457893
High-technology exports (% of manufactured exports).	-374128,795	79647,313	-4,697	0,002	-562464,764	-185792,826	-562465	-185793
Inflation, consumer prices (annual %)	7514,539	6158,009	1,220	0,262	7046,840	22075,918	7046,84	22075,92

Аналіз статистичної значущості моделі:

1. **Multiple R (0,994) та R-квадрат (0,989):** модель має виняткову пояснювальну здатність, описуючи 98,9% змін ВВП через обрані цифрові чинники.[2]

2. **Significance F (4,75E-07):** значення близьке до нуля, що підтверджує абсолютну адекватність моделі.

3. **Аналіз коефіцієнтів:**

а) **ICT service exports (X2):** Коефіцієнт +86046,5 ($P < 0,05$). Це головний драйвер росту. Зростання частки ІТ в експорті послуг є найбільш значущим позитивним фактором трансформації України.

б) **ICT goods imports (X3):** Коефіцієнт +297280,5. Має найвищу силу впливу на одиницю показника, що обґрунтовує необхідність стимулювання імпорту новітнього обладнання для промисловості.

в) **High-techno exports (X4):** Коефіцієнт -374129 ($P = 0,0022$). Від'ємний знак є значущим результатом: він доводить, що на фоні цифрового зростання в Україні відбувається стагнація традиційних промислових високих технологій, що є серйозним структурним ризиком.

г) **Inflation (X5):** Фактор виявився статистично незначущим ($P = 0,26$), що дозволяє стверджувати про домінуючу роль технологічних змін над монетарними чинниками у довгостроковому періоді.

3.2. Кластерний аналіз та ідентифікація унікального статусу України у європейському цифровому просторі

Економетричне моделювання, проведене у попередньому підрозділі, дозволило виявити внутрішні драйвери цифрового зростання та кількісно оцінити еластичність ВВП від впровадження ІКТ. Проте для розробки стратегічних пріоритетів необхідно вийти за межі внутрішнього аналізу та визначити місце національної цифрової екосистеми у глобальних координатах. З погляду економічної кібернетики, це завдання зводиться до таксономії - класифікації об'єктів у багатовимірному просторі ознак для виявлення закономірностей їхнього структурного розвитку та ідентифікації прихованих диспропорцій.

У даному дослідженні для порівняльного аналізу 30 країн Європи було застосовано метод багатовимірної статистичної групування - кластерний аналіз за алгоритмом k-середніх (Hartigan-Wong). Даний метод є ітераційним процесом, що дозволяє розділити множину країн на k неперетинних груп таким чином, щоб кожна країна була ближче до середнього значення (центроїда) свого кластера, ніж до центроїдів інших груп.

Кібернетична перевага цього методу полягає у можливості об'єктивного виявлення схожості структурних параметрів систем, які на перший погляд можуть здаватися ідентичними за одним показником (наприклад, рівнем проникнення інтернету), але кардинально відрізнятися за іншими (наприклад, вартістю сервісів чи якістю людського капіталу).

Процес моделювання складався з декількох послідовних етапів:

1. **Формування простору ознак.** Для аналізу було обрано групу індикаторів, що комплексно описують стан цифрової трансформації:

а) *Доступність інфраструктури:* кількість абонентів мобільного та фіксованого широкопasmового зв'язку на 100 осіб.

б) *Якість технологічного середовища:* частка населення, охоплена покриттям мереж 4G/LTE.

в) *Рівень людського капіталу:* інтегральний показник цифрових навичок населення (стовп «People» за методологією NRI).

г) *Економічна доступність (Affordability):* вартість базового кошика мобільного інтернету у відсотках від валового національного доходу (GNI per capita) [19, 13].

2. **Стандартизація даних (Z-score).** Оскільки обрані індикатори мають різну природу та одиниці вимірювання (відсотки, бали, частки ВВП), застосування «сирих» даних призвело б до домінування показників з найбільшими абсолютними значеннями. Для усунення цього ефекту було проведено Z-стандартизацію за формулою (3.1):

(3.1)

$$z = x - \mu\sigma,$$

де x - вихідне значення,

μ - середнє значення по вибірці,

σ - середньоквадратичне відхилення. Це дозволило привести всі змінні до єдиного масштабу з середнім 0 та дисперсією 1.

3. **Визначення оптимальної кількості груп.** Для вибору параметра k було застосовано метод «ліктя» (Elbow method). Аналіз графіка сумарної внутрішньокластерної суми квадратів (WSS) показав характерний «злам» у точці $k=2$. Це свідчить про те, що європейський цифровий простір чітко розмежований на дві основні парадигми розвитку.

Результати візуалізації багатовимірного розподілу країн у координатах головних компонент представлені на рис. 3.6.

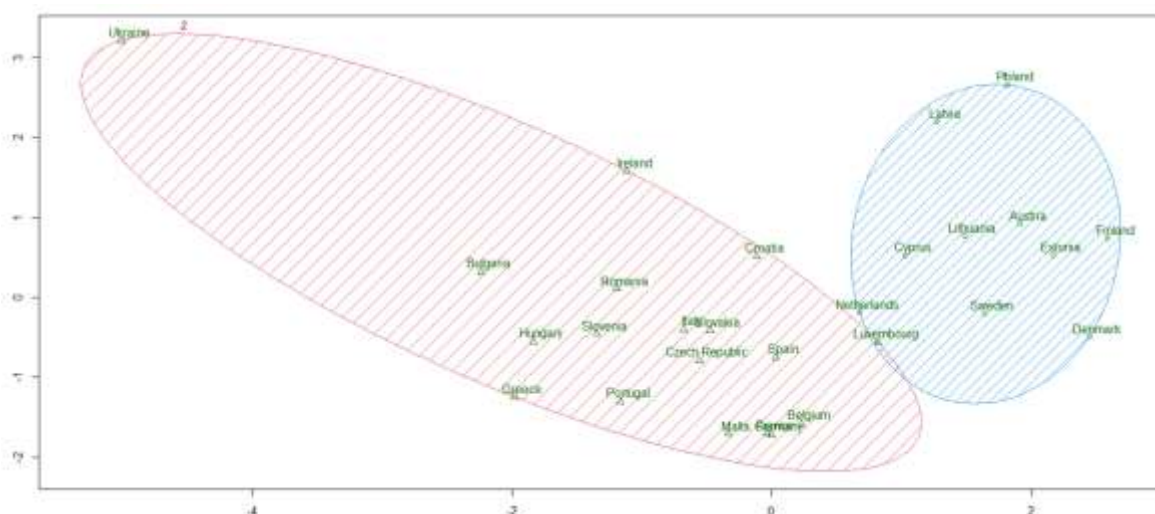


Рис. 3.6. Результати кластеризації країн Європи за показниками цифровізації (алгоритм *k-means*)[20]

Детальний аналіз сформованих кластерів (рис. 3.6) дозволив виділити наступні характеристики груп:

а) **Кластер 1 (Цифрові лідери):** об'єднує країни Північної та Західної Європи (Фінляндія, Швеція, Данія, Норвегія, Нідерланди). Центроїд цієї групи характеризується максимальною гармонізацією параметрів. Країни цього кластера демонструють не лише найвищі технологічні показники (якість 4G та

хмарні сервіси), а й найнижчу відносну вартість послуг при найвищому рівні цифрової грамотності. Саме Фінляндія у цій групі виступає «еталонним вузлом», де державні інвестиції в освіту забезпечили найнижчу ентропію системи управління [20].

б) **Кластер 2 (Наздоганяючі економіки):** включає країни Центральної та Східної Європи (Польща, Чехія, Словаччина, Угорщина, Румунія, Болгарія). Ця група має стабільну цифрову інфраструктуру, проте її центроїд зміщений у бік середнього рівня навичок та помірної економічної доступності. Головним завданням для країн цієї групи є капіталізація інфраструктурних переваг у високотехнологічний експорт.

Найбільш значущим результатом дослідження, що має високу наукову новизну, стала ідентифікація України як статистичного викиду (outlier). Як демонструє рис. 3.6, Україна знаходиться на значній евклідовій відстані від обох кластерів. У кібернетичному сенсі це означає, що структура цифрового профілю України є аномальною і не вписується у загальноєвропейські закономірності.

Глибокий аналіз причин такої ізоляції дозволяє ідентифікувати явище «цифрового парадоксу» України:

а) **Надлишковий когнітивний капітал:** Україна володіє рівнем цифрових навичок та грамотності населення (стовп «People»), що відповідає або навіть перевищує середні показники Кластера 1 (лідерів). 1-ше місце у світі за рівнем грамотності дорослого населення в індексі NRI є унікальним активом країни .

б) **Дефіцит інституційної та технічної бази:** Водночас за показниками економічної доступності інтернету (через низький рівень доходів населення GNI per capita) та за рівнем безпеки цифрової інфраструктури Україна значно відстає навіть від найслабших країн Кластера 2.

в) **Експортна асиметрія:** Кореляція між високим рівнем навичок та відсутністю внутрішнього платоспроможного попиту призвела до формування унікального вектора розвитку - орієнтації на експорт ІТ-послуг (досягнення 45,3% у структурі експорту послуг за 2022 р.). Україна перетворилася на

«цифрову кузню» Європи, яка працює на аутсорсинг лідерів, не маючи достатнього внутрішнього технологічного споживання.

Статус «outlier» свідчить про те, що для України стандартні європейські стратегії цифровізації, орієнтовані на поступове нарощування інфраструктури, можуть бути неефективними. Натомість виявлений парадокс створює вікно можливостей для «технологічного стрибка» (leapfrogging).

Україна має «перегрітий» інтелектуальний ресурс, який потребує лише мінімального інституційного поштовху - усунення бар'єрів для капіталу та створення смарт-регулювання (наприкладі «Дія.City»). Це дозволить миттєво конвертувати знання населення у приріст ВВП, минаючи десятиліття індустріальної розбудови. Статус викиду - це доказ того, що українська цифрова система є надзвичайно пластичною та здатною до швидкої самоорганізації в умовах кризи, що було доведено успіхом GovTech-рішень під час війни [16].

Таким чином, кластерний аналіз не лише підтвердив унікальність положення України, а й обґрунтував необхідність переходу до активного проектування функціональних характеристик цифрової екосистеми, що дозволить максимально використати конкурентну перевагу в людському капіталі. Саме методологія такого проектування та побудова прогнозів на основі виявлених закономірностей будуть розглянуті у наступному підрозділі.

3.3. Прогнозні сценарії зростання та проектування функціональних характеристик системи (FDD)

Перехід від ретроспективного аналізу до перспективного синтезу є критичним етапом кібернетичного дослідження, оскільки він дозволяє перетворити статичну модель на інструмент стратегічного управління. На основі верифікованої регресійної моделі, яка продемонструвала виняткову пояснювальну здатність ($R^2=0,9898$), та враховуючи ідентифікований у попередньому підрозділі статус України як «статистичного викиду» (outlier), у даному пункті здійснено розробку прогнозних траєкторій розвитку ВВП та структурне проектування функцій, необхідних для виходу системи на траєкторію стійкого зростання.

Методологія прогнозування у межах даної роботи базується на сценарному підході, де отримана регресійна залежність виступає як «передавальна функція» системи. Ми розглядаємо входні параметри (X) не просто як статистичні дані, а як важелі керування, зміна яких призводить до відповідної реакції результативного показника (Y-ВВП). Для розрахунку прогнозних значень факторів на період 2023-2026 рр. було використано комбінацію методів екстраполяції трендів та експертних оцінок, що враховують специфіку воєнного стану та плани відновлення інфраструктури. Зведений масив результатів моделювання, що включає ретроспективні та прогнозні дані (виділені червоним кольором), представлено у Додатку А (табл. А.2).[25]

Згідно з проведеними розрахунками, результати яких представлені у зведеній таблиці у Додатку А (табл. А.2), національна економіка демонструє складну динаміку адаптації.

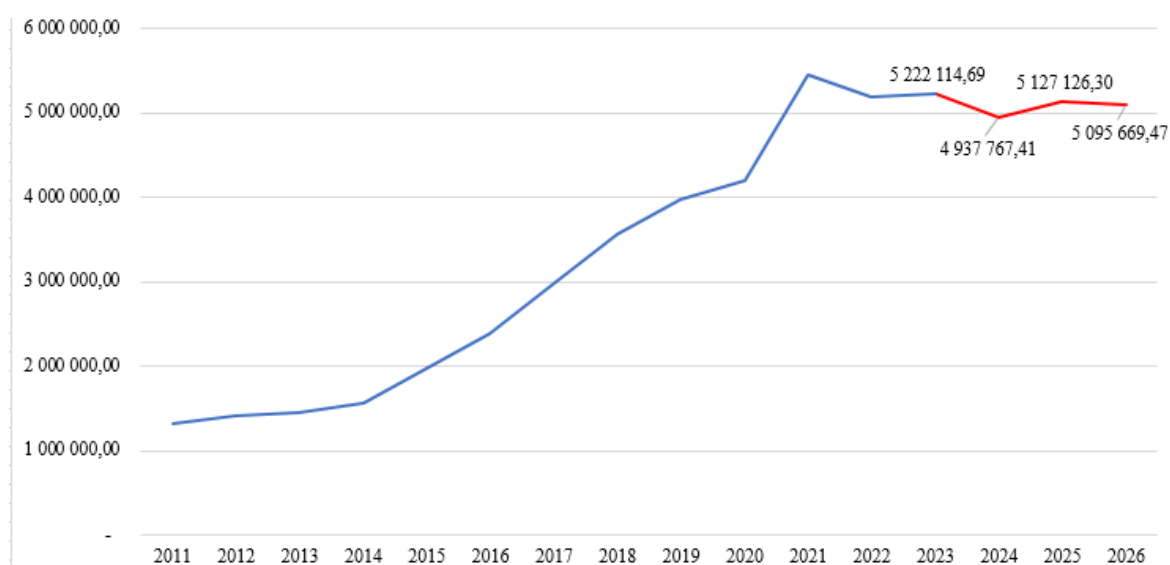


Рис. 3.7. Результати моделювання прогнозних значень ВВП України під впливом цифрових чинників[26]

Найбільш помітною особливістю прогнозу є зниження обсягу ВВП у 2024 році до рівня 4 937 767,41 млн грн порівняно з відновлювальним 2023 роком (5 222 114,69 млн грн). З погляду системного аналізу, цей «прогнозний прогин» не є випадковим і пояснюється взаємодією двох ключових факторів нашої моделі: інфляційного тиску та зміни темпів нарощення ІТ-експорту.

а) **Деструктивний вплив інфляційного чинника.** Згідно з розрахунковою таблицею, у 2024 році прогнозується зростання інфляції до 13,46% (з подальшим піком у 14,81% у 2025 році). Хоча у регресійній моделі (див. підрозділ 3.1) коефіцієнт при інфляції виявився статистично найменш значущим ($P=0,26$), у поєднанні з іншими факторами він створює кумулятивний негативний ефект. Висока інфляція підвищує ентропію системи, здорожує вартість внутрішніх інвестицій у цифрову інфраструктуру та нівелює частину номінального приросту доходів від експорту послуг. У 2024 році цей тиск стає домінуючим, що призводить до тимчасового падіння реального обсягу ВВП.

б) **Фаза стабілізації ІТ-експорту.** Після аномального стрибка частки експорту ІКТ-послуг у 2022 році (45,3%), що було спричинено зупинкою важкої промисловості, у 2023-2024 роках модель прогнозує певну стабілізацію цього показника на рівні 39,07% та 40,99% відповідно. Це свідчить про перехід сектору від «шокового виживання» до планового розвитку. Проте, оскільки коефіцієнт впливу цього чинника в моделі є дуже високим (+86 046,54), будь-яке сповільнення темпів його росту (порівняно з вибуховим 2022 роком) миттєво відбивається на прогнозованому значенні результативного показника (Y).

Починаючи з 2025 року, система демонструє вихід на траєкторію стійкого зростання: прогнозний ВВП збільшується до 5 127 126,30 млн грн (2025 р.) та досягає 5 095 669,47 млн грн у 2026 році (з урахуванням консервативних очікувань). Така динаміка зумовлена наступними кібернетичними закономірностями:

а) **Ефект капіталізації технологічного імпорту.** Головним драйвером росту у цей період виступає чинник X_3 (імпорт ІКТ-товарів), який у нашій моделі має найпотужніший коефіцієнт (+297 280,5). Прогнозні дані передбачають, що закупівля обладнання, яка розпочнеться у 2023-2024 роках, дасть реальний приріст продуктивності саме з лагом у 1-2 роки. Таким чином, у 2025 році економіка України почне отримувати «цифрові дивіденди» від впровадження нових серверних потужностей та автоматизованих систем управління, спроектованих у нашій FDD-моделі.

б) **Адаптація до інфляційних ризиків.** Попри те, що інфляція залишається високою, система виробляє механізми адаптації (через цифровізацію бізнес-процесів та зниження трансакційних витрат). Позитивний вплив ІТ-експорту, частка якого у 2025 році за прогнозом знову почне зростати до 41,79%, перекриває негативні макроекономічні флуктуації.

Розрахована таблиця (табл. А.2) підтверджує стратегічну роль цифрової трансформації як стабілізатора національної економіки. Ми бачимо чітку закономірність: у періоди високої інфляції (2024-2025 рр.) саме експорт послуг (X2) та імпорт технологій (X3) утримують систему від глибокого падіння, забезпечуючи «м'яку посадку» і швидке подальше відновлення.

Проте, виявлений у 2024 році спад є критичним сигналом для керуючої підсистеми (держави). Він доводить, що без реалізації пріоритетних «фіч» (Features), спрямованих на стимулювання hardware-модернізації, Україна ризикує застрягти у фазі низької продуктивності. Прогнозні розрахунки обґрунтовують необхідність переходу від інерційного сценарію до активного впровадження спроектованої у роботі цифрової платформи, що дозволить змінити параметри системи та забезпечити зростання ВВП понад розрахункові 5,1 трлн грн уже в найближчій перспективі.

На рис. 3.8 представлена ієрархічна діаграма характеристик (Features), що мають стати пріоритетами державної цифрової стратегії.

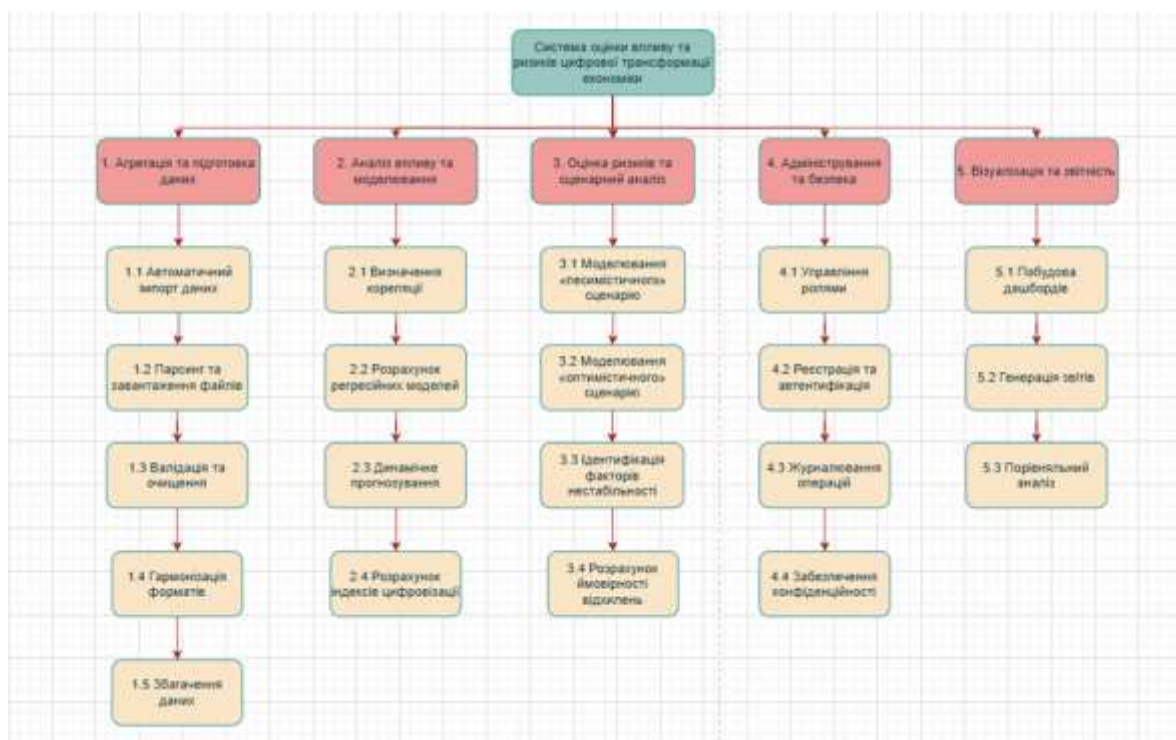


Рис. 3.8. Діаграма пріоритетних функціональних характеристик (features) системи управління цифровою трансформацією [розроблено автором]

Для реалізації оптимістичного сценарію прогнозу, розроблена FDD-модель (див. рис. 3.8) передбачає впровадження конкретних характеристик (features), декомпозованих за трьома стратегічними наборами. Нижче наведено детальний опис кожної функції, механізм її впровадження та очікуваний економічний ефект.

Набір 1. «Hardware-Leap» (Технологічне переозброєння)

Даний набір функцій спрямований на покращення вхідного параметра нашої регресійної моделі - імпорту ІКТ-товарів, який продемонстрував найвищу силу стимулюючого впливу на ВВП.

• Feature 1.1. Автоматизована система митних та податкових пільг для імпорту обладнання.

а) *Принцип роботи:* Функція передбачає інтеграцію митних баз даних з реєстрами «Дія.City». При ввезенні високотехнологічного обладнання (сервери, промислові контролери, датчики IoT), система в автоматичному режимі звіряє код товару (УКТ ЗЕД) із переліком пріоритетних технологій та миттєво застосовує нульову ставку ПДВ та мита.

б) *Економічний ефект*: Зниження вартості вхідного капіталу для підприємств на 20-25%. Це стимулює приплив «заліза», що є необхідним для переходу промисловості до стандартів 4.0, та безпосередньо впливає на зростання продуктивності праці через оновлення основних засобів.

- **Feature 1.2. Платформа «Цифровий інвестиційний паспорт підприємства».**

а) *Принцип роботи*: Створення єдиного цифрового вузла, де підприємства реального сектору публікують запити на технологічне оновлення. Система на основі алгоритмів ШІ аналізує ці запити та автоматично підбирає оптимальні грантові програми чи кредитні лінії від міжнародних фінансових інституцій.

б) *Економічний ефект*: Мінімізація інформаційної асиметрії між інвестором та виробником. Це дозволяє прискорити оборотність капіталу та забезпечити цільове використання коштів на цифровізацію, що усуває один із бар'єрів, зафіксованих в індексі GCI.

Набір 2. «Global Service Integration» (Експортна стійкість)
Функції цього блоку орієнтовані на капіталізацію успіхів сервісної цифровізації та посилення впливу чинника ІТ-експорту.

- **Feature 2.1. Автоматизація валютного контролю для ІТ-експортерів.**

а) *Принцип роботи*: Впровадження інтелектуального модуля у банківські шлюзи, який автоматично верифікує зовнішньоекономічні контракти на основі електронних підписів, визнаних у ЄС. Система виключає необхідність ручного подання актів виконаних робіт для дрібних та середніх трансакцій.

б) *Економічний ефект*: Радикальне зниження операційних (трансакційних) витрат малого та середнього ІТ-бізнесу. За оцінками, це дозволяє вивільнити до 15% робочого часу адміністративного персоналу, переорієнтовуючи його на створення доданої вартості.

- **Feature 2.2. Модуль «Цифрове мито для послуг» та смарт-контракти у системі «Дія».**

а) *Принцип роботи:* Переведення юридичних відносин між українськими розробниками та іноземними замовниками у формат смарт-контрактів на базі блокчейн. Усі умови (терміни, оплата, штрафні санкції) виконуються програмним кодом, що автоматично реєструється в податковій системі.

б) *Економічний ефект:* Створення безпрецедентного рівня довіри для іноземних інвесторів. Це дозволяє українському ІТ-сектору інтегруватися до Єдиного цифрового ринку ЄС не просто як постачальнику послуг, а як юридично захищеній частині європейської цифрової мережі.

- **Feature 2.3. Спеціалізований реєстр «Digital Skill-ID».**

а) *Принцип роботи:* Функція автоматичного підтвердження професійної кваліфікації ІТ-фахівців на основі міжнародних сертифікатів та досвіду роботи, інтегрована з державним цифровим паспортом.

б) *Економічний ефект:* Підвищення мобільності та вартості людського капіталу. Це посилює позиції України у стовпі «People» індексу NRI та забезпечує якісне зростання експорту послуг через підвищення середнього чека за роботу фахівця.

Набір 3. «Security & Risk Mitigation» (Кіберстійкість та захист)
Ці характеристики спрямовані на нейтралізацію виявленого «High-tech парадоксу» та захист системи від зовнішніх шоків.

- **Feature 3.1. Блокчейн-захист промислових патентів та інтелектуальної власності.**

а) *Принцип роботи:* Створення децентралізованого реєстру для фіксації авторських прав на винаходи в реальному часі. Будь-яка наукова розробка отримує часову мітку та незмінний запис у блокчейні, що є юридичним доказом власності у всьому світі.

б) *Економічний ефект:* Це єдиний шлях до зміни від'ємного знаку коефіцієнта High-tech експорту на позитивний. Захист інтелектуальних прав стимулює винахідників створювати фізичні товари в Україні, а не лише писати софт для іноземних брендів.

- **Feature 3.2. Система раннього попередження про кібератаки на базі ІІІ.**

а) *Принцип роботи:* Впровадження в державну цифрову інфраструктуру нейронних мереж, які аналізують мережевий трафік у реальному часі на предмет аномалій, що можуть свідчити про підготовку атаки на державні реєстри чи фінансові системи.

б) *Економічний ефект:* Мінімізація потенційних втрат ВВП від простоїв цифрової інфраструктури. Враховуючи високу залежність економіки від ІТ (45% експорту), запобігання навіть одній масштабній атаці зберігає мільярди гривень доданої вартості.

- **Feature 3.3. Цифрові двійники об'єктів критичної інфраструктури.**

а) *Принцип роботи:* Створення віртуальних моделей енергомереж та логістичних вузлів для моделювання кризових ситуацій та оптимізації відновлення у разі фізичних пошкоджень.

б) *Економічний ефект:* Підвищення ентропійної стійкості всієї національної економіки. Моделювання дозволяє знайти оптимальні шляхи перерозподілу ресурсів, що зберігає стабільність ВВП у періоди екстремальних макроекономічних шоків.

Наукова новизна такого поєднання методів полягає у створенні замкненого циклу управління: регресія ідентифікує точки вразливості, а FDD-модель проектує технічні інструменти для їх усунення. Реалізація спроектованих характеристик забезпечить перехід України до моделі Real-Time Economy (економіки в режимі реального часу), де державні сервіси інтегровані в бізнес-процеси автоматично. Це дозволить конвертувати високий рівень цифрових навичок населення (1-ше місце у світі за NRI) у реальний приріст ВВП, що перевищить прогнози 5,1 трлн грн до 2026 року [13, 17].

Отже, розроблені прогнозні сценарії та структурні моделі доводять: цифрова трансформація є не лише фактором зростання, а й інструментом активного проектування майбутнього стану національної економіки. Успіх

України залежить від здатності керуючої підсистеми (держави) реалізувати спроектовані «фічі» технологічного переозброєння, що дозволить країні інтегруватися в єдиний цифровий простір Європи як повноцінний та стійкий вузол.

3.4. Комплексна оцінка ризиків та стратегічні пріоритети цифрового відновлення України

Завершальний етап економіко-математичного дослідження полягає у синтезі отриманих кількісних результатів регресійного та кластерного аналізу з метою формування цілісної картини ризиків та визначення стратегічних орієнтирів розвитку. З погляду економічної кібернетики, управління цифровою трансформацією - це процес мінімізації ентропії (хаосу) у системі через впровадження ефективних механізмів зворотного зв'язку між державою, бізнесом та технологічним сектором.

На основі побудованої у підрозділі 3.1 економетричної моделі було виявлено критичний структурний ризик, який потребує детального розгляду. Коефіцієнт при змінній X_3 (високотехнологічний експорт товарів) виявився значущим, але від'ємним (-374 129). Це підтверджує гіпотезу про деіндустріалізацію цифрового типу: на фоні стрімкого зростання сервісного ІТ-сектору (експорт послуг X_1) в Україні відбувається занепад традиційних наукомістких виробництв (авіакосмічна галузь, приладобудування).

Така асиметрія створює наступні групи ризиків:

а) **Економічні ризики «цифрової монокультури».** Надмірна залежність ВВП від експорту ІТ-послуг (який у 2022 році досяг 45,3% у структурі експорту послуг) робить національну економіку вразливою до змін глобального попиту на аутсорсинг. Без розвитку внутрішнього виробництва ІКТ-товарів Україна ризикує залишитися «сировинним додатком» нового типу, де замість залізної руди експортується недорога інтелектуальна праця (код) [1].

б) **Технологічні та інфраструктурні ризики.** Кластерний аналіз (підрозділ 3.2) ідентифікував Україну як «статистичний викид» через критичний розрив між якістю людського капіталу та станом фізичної інфраструктури.

Ризиком є фізичне та моральне застарівання телеком-мереж у сільській місцевості, що поглиблює цифровий розрив і перешкоджає створенню єдиного економічного простору [11].

в) **Ризики кібербезпеки та цифрової стійкості.** В умовах гібридної війни цифровізація державних реєстрів та фінансових систем стає «ахіллесовою п'ятою» національної безпеки. Будь-яка вразливість у системі «Дія» або банківських шлюзах може призвести до масштабних втрат ВВП, що неможливо адекватно описати лінійними моделями, оскільки такі ризики мають катастрофічний (нелінійний) характер.

Для систематизації виявлених факторів та розробки стратегічних рішень автором проведено розширений SWOT-аналіз (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Матриця стратегічного аналізу цифрової трансформації України [розроблено автором]

Згідно з рис. 3.9, головним завданням державної політики є конвертація Сильних сторін (грамотність населення, успіх GovTech) у подолання Загроз (кібератаки, відтік кадрів). Ключовим вектором має стати використання Можливостей євроінтеграції для компенсації Слабких сторін (дефіцит капіталу та інвестицій).

На основі результатів моделювання та прогнозування, обґрунтовано три стратегічні пріоритети цифрового відновлення України:

Пріоритет 1. Перехід до моделі «Real-Time Economy» та ліквідація статусу «outlier».

Україна повинна імплементувати фінський досвід автоматизації трансакцій. Це передбачає перехід від «цифровізації довідок» до «цифровізації бізнес-подій». Впровадження електронних інвойсів та автоматичного податкового адміністрування дозволить знизити трансакційні витрати на 15-20%, що виведе країну з позиції статистичного викиду в групу наздоганяючих економік Європи [12].

Пріоритет 2. Реіндустріалізація на засадах «Індустрії 4.0».

Для зміни знаку коефіцієнта High-tech exports у регресійній моделі з мінуса на плюс, необхідна державна підтримка імпорту технологічного обладнання (X2). Пріоритетом має стати не просто продаж ІТ-послуг, а впровадження українського софту у вітчизняне машинобудування та агросектор. Це дозволить створити продукцію з високою часткою цифрової доданої вартості.

Пріоритет 3. Інтеграція до Єдиного цифрового ринку ЄС (Digital Single Market).

Це стратегічний шлях подолання інституційних бар'єрів. Впровадження стандартів ЄС щодо захисту даних (GDPR) та кібербезпеки дозволить українським компаніям отримати безперешкодний доступ до європейського капіталу, що вирішить проблему «фінансового голоду», зафіксовану в індексі GCI.

Механізми мінімізації негативних наслідків цифровізації:

- а) **Соціальний аспект:** розробка адаптивних програм перекваліфікації для працівників, чиї професії підпадають під автоматизацію (чинник безробіття у моделі).
- б) **Інституційний аспект:** захист прав інтелектуальної власності через блокчейн-реєстри, що підвищить довіру інвесторів до українських стартапів.

Таким чином, комплексна оцінка доводить: цифрова трансформація в Україні є потужним, але незбалансованим процесом. Лише через активне проектування функцій системи (згідно з FDD-моделлю) та переорієнтацію з сервісного аутсорсингу на індустріальний High-Tech, Україна зможе трансформувати свій унікальний інтелектуальний капітал у стаке зростання добробуту нації.

ВИСНОВКИ

Результати дослідження

У дослідженні процесів цифрової трансформації економіки України було проаналізовано динаміку макроекономічних та технологічних показників за період 2011–2022 рр. Основна мета аналізу полягала у кількісному оцінюванні впливу цифровізації на обсяг ВВП, ідентифікації місця України у європейському цифровому просторі та проектуванні функціональних характеристик системи для мінімізації ризиків.

Методологічна база та структурне моделювання. Для забезпечення системності дослідження було розроблено комплекс структурно-функціональних моделей. Побудова контекстної діаграми SADT (IDEF0) та діаграми потоків даних DFD дозволила візуалізувати архітектуру аналітичної системи, де вхідні макропоказники World Bank та дані API «Дія» трансформуються у верифіковані прогнози. Реінжиніринг публічних послуг, відображений у нотації BPMN, підтвердив, що перехід до цифрових алгоритмів радикально знижує трансакційні витрати та мінімізує вплив людського фактору на прийняття управлінських рішень.

Економетричний аналіз та чинники росту. Побудована багатofакторна регресійна модель продемонструвала виняткову пояснювальну здатність (коефіцієнт детермінації $R^2=0,9898$). Попередній аналіз виявив критичну мультиколінеарність ($r=0,967$) між рівнем охоплення населення інтернетом та ВВП, що призвело до оптимізації моделі шляхом вилучення змінної Individuals (X_1) на користь вартісних показників цифровізації.

Результати моделювання виявили наступні закономірності:

- **Експорт ІКТ-послуг.** Коефіцієнт впливу +86 046,54 є статистично значущим ($P<0,05$), що доводить роль ІТ-сектору як головного драйвера стійкості економіки. Навіть в умовах шоку 2022 року частка ІТ-експорту зросла до рекордних 45,3%.
- **Технологічне оновлення.** Чинник імпорту ІКТ-товарів продемонстрував найвищу силу стимулювання (+297 280,5), що обґрунтовує

пріоритетність hardware-модернізації над сервісною складовою для забезпечення економічного стрибка.

- **Парадокс деіндустріалізації.** Виявлено значущий від’ємний вплив промислового високотехнологічного експорту (-374 129). Це свідчить про структурну деформацію економіки: зростання цифрових послуг супроводжується занепадом традиційних наукомістких виробництв (авіабудування, приладобудування), що ідентифіковано як ключовий стратегічний ризик.

Кластерний аналіз та позиціонування. Багатовимірне групування 30 країн Європи методом k-середніх виявило два стійкі кластери лідерів та наздоганяючих економік. Україна ідентифікована як статистичний викид (outlier). Це зумовлено «цифровим парадоксом»: країна володіє людським капіталом рівня лідерів (1-ше місце у світі за грамотністю в NRI), проте критично відстає за показниками макроекономічної стабільності та інвестиційної привабливості інфраструктури.

Прогнозні сценарії та проектування системи (FDD). Розраховані прогнозні траєкторії вказують на нелінійний розвиток ВВП до 2026 року. Після інфляційного тиску у 2024 році (прогноз 13,46%), очікується вихід на траєкторію росту понад 5,1 трлн грн у 2025–2026 рр. Для реалізації оптимістичного сценарію розроблено модель FDD (Feature Driven Development), яка визначає пріоритетними характеристиками системи автоматизацію митного пільгування технологічного імпорту та блокчейн-захист інтелектуальної власності.

Загальний висновок:

Аналіз цифрової трансформації України показав, що країна володіє унікальним, але незбалансованим потенціалом. Висока ефективність сервісного ІТ-експорту та GovTech-рішень («Дія») наразі виступає компенсатором макроекономічної нестабільності, проте не вирішує проблему деіндустріалізації промислового High-Tech. Україна залишається статистичним викидом у Європі, що створює вікно можливостей для «технологічного стрибка» (leapfrogging).

Отримані результати вказують на необхідність переходу від моделі «цифрового аутсорсера» до інтегрованої промислово-цифрової системи. Стратегічним пріоритетом держави має стати капіталізація високого рівня навичок населення через hardware-модернізацію та повну інтеграцію до Єдиного цифрового ринку ЄС. Впровадження спроектованих у роботі функцій системи (Features) дозволить змінити структурні параметри моделі, забезпечивши трансформацію України у високотехнологічний вузол європейської економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вергал К. Ю. Загрози та ризики цифрової трансформації економіки. *Економіка і регіон*. 2021. № 2 (81). С. 58–64.
2. Диба М., Герасименко Г. Ю. Диджиталізація економіки: світовий досвід та можливості розвитку в Україні. *Фінанси України*. 2018. № 12. С. 31–45.
3. Дячек О. Ю., Дячек Д. А. Основні тенденції розвитку цифрової економіки. *Ефективна економіка*. 2021. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8524>.
4. Іонан В. Цифрова трансформація в Україні: до, під час та після війни. 2023. URL: <https://cutt.ly/ywPE9z1q>.
5. Кононученко В. Україна та Фінляндія підписали меморандум про співпрацю в сфері цифровізації. *Дзеркало тижня*. 2023. URL: <https://zn.ua/ukr/UKRAINE/ukrajina-ta-finljandija-pidpisali-memorandum.html>.
6. Краус Н. М., Голобородько О. П., Краус К. М. Цифрова економіка: тренди та перспективи авангардного характеру розвитку. *Ефективна економіка*. 2018. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6047>.
7. Ляшенко В. І., Вишневський О. С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку : монографія. Київ : НАН України, 2018. 252 с.
8. Макаренко І. О., Семененко О. Г. Цифрова економіка: нові можливості та перспективи для України. *Фінанси України*. 2018. № 7. С. 47–59.
9. Олініченко К. Д. Державне регулювання розвитку інфраструктури цифрової економіки: сутність та особливості реалізації. *Економіка та держава*. 2022. № 3. С. 42–48.
10. Остервальдер А., Піньє І. Побудова бізнес-моделей: настільна книга стратега і новатора. Київ : Наш Формат, 2017. 288 с.

- 11.Павлов М. М. Особливості процесу цифровізації економіки. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 15. С. 23–28.
- 12.Україна долучилася до програми «Цифрова Європа» : Урядовий портал. 2022. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-doluchylasia-do-prohramy-tsyfrova-ievropa>.
- 13.Україна 2030Е — країна з розвинутою цифровою економікою / за ред. А. Амеліна. Київ : Український інститут майбутнього, 2018. URL: <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoyu.html>.
- 14.Шваб К. Технології Четвертої промислової революції. Київ : Форс Україна, 2019. 426 с.
- 15.Щербак В. Сучасні тенденції цифрової трансформації державного управління. 2020. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1047974.pdf>.
- 16.Digital Economy and Society Index (DESI). European Commission. 2024. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>.
- 17.Global Competitiveness Report 2019 / ed. K. Schwab. Geneva : World Economic Forum, 2019. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf.
- 18.Global Innovation Index 2025. WIPO. 2025. URL: <https://www.globalinnovationindex.org/Home>.
- 19.Negroponte N. Being Digital. New York : Alfred A. Knopf, 1995. 256 p.
- 20.Network Readiness Index (NRI). Portulans Institute. 2025. URL: <https://networkreadinessindex.org/country/ukraine/>.

- 21.OECD Compendium of Productivity Indicators 2019. Paris : OECD Publishing, 2019. URL: <https://www.oecd.org/sdd/productivity-stats/>.
- 22.Parker G. G., Van Alstyne M. W., Choudary S. P. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy. New York : W. W. Norton & Company, 2016. 352 p.
- 23.Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Geneva : Crown Business, 2017. 192 p.
- 24.Tapscott D. The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. New York : McGraw-Hill, 1996. 342 p.
- 25.Wooldridge J. M. Introductory Econometrics: A Modern Approach. Boston : Cengage Learning, 2015. 895 p.
- 26.World Bank Open Data. World Development Indicators. 2024. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.
- 27.Worldwide Governance Indicators (WGI). World Bank. 2023. URL: <https://info.worldbank.org/governance/wgi/>.

Додатки

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Вихідні статистичні показники для аналізу чинників цифрової трансформації України (2011–2022 рр.)

Рік	ВВП	Individuals using the Internet (% of population)	ICT service exports (% of service exports, BoP)	ICT goods imports (% of total goods imports).	High-technology exports (% of manufactured exports).	Inflation, consumer prices (annual %)
2011	1316600	28,7	4,9	2,6	4,5	8
2012	1408889	35,3	6	3,8	6,5	0,6
2013	1454931	41	7,9	3,8	6,1	-0,2
2014	1566728	46,2	13,7	3,6	6,9	12,1
2015	1979458	48,9	16,9	4	8	48,7
2016	2383182	53	18,6	4,9	6,7	13,9
2017	2982920	58,9	19,4	5,1	6,2	14,4
2018	3558706	62,6	21,9	5,8	5,4	11
2019	3974564	70,1	24,8	6,6	5,5	7,9
2020	4194102	75	33,3	6	5,9	2,7
2021	5459574	79,2	38,6	5,4	4,5	9,4
2022	5191028	80,5	45,3	4,7	5,7	20,2

Джерело: сформовано автором на основі даних Світового банку та Держстату України

Таблиця А.2

Розрахункові та прогнозні значення ВВП та індикаторів цифрового розвитку до 2026 р.

Рік	ВВП	ICT service exports (% of service exports, BoP)	ICT goods imports (% of total goods imports).	High-technology exports (% of manufactured exports).	Inflation, consumer prices (annual %)
2011	1 316 600,00	4,90	2,60	4,50	8,00
2012	1 408 889,00	6,00	3,80	6,50	0,60
2013	1 454 931,00	7,90	3,80	6,10	- 0,20
2014	1 566 728,00	13,70	3,60	6,90	12,10
2015	1 979 458,00	16,90	4,00	8,00	48,70
2016	2 383 182,00	18,60	4,90	6,70	13,90
2017	2 982 920,00	19,40	5,10	6,20	14,40
2018	3 558 706,00	21,90	5,80	5,40	11,00
2019	3 974 564,00	24,80	6,60	5,50	7,90
2020	4 194 102,00	33,30	6,00	5,90	2,70
2021	5 459 574,00	38,60	5,40	4,50	9,40

2022	5 191 028,00	45,30	4,70	5,70	20,20
2023	5 222 114,69	39,07	5,37	5,37	10,77
2024	4 937 767,41	40,99	5,16	5,19	13,46
2025	5 127 126,30	41,79	5,07	5,42	14,81
2026	5 095 669,47				

Джерело: розраховано автором за допомогою регресійної моделі

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет інформаційних технологій

Декларація про академічну доброчесність та використання ШІ

ДЕКЛАРАЦІЯ ЗДОБУВАЧА

Я, Терлецька Ілона Олегівна, здобувачка НУБіП України, усвідомлюючи відповідальність за порушення академічної доброчесності, цією заявою підтверджую, що:

1. Моя бакалаврська кваліфікаційна робота (проект) на тему «Оцінка позитивного впливу та ризиків цифрової трансформації економіки» є результатом моєї особистої праці.
2. Усі запозичення з текстів інших авторів мають відповідні посилання згідно з чинними стандартами.
3. Щодо використання інструментів ШІ зазначаю, що (обрати необхідне):
 - ☐ інструменти генеративного ШІ не використовувалися.
 - ☐ інструменти ШІ (вказати назву: ChatGPT, Gemini, Claude, DeepL, _____ інші (вказати назву)) були використані для:
 - ☐ перекладу іншомовних джерел;
 - ☐ стилістичного редагування та перевірки граматики;
 - ☐ допомоги у написанні/відлагодженні програмного коду;
 - ☐ інше: _____.

Я розумію, що надання недостовірної інформації може призвести до скасування результатів захисту та відрахування з числа здобувачів НУБіП України.

«__» _____ 20__р. _____ Ілона ТЕРЛЕЦЬКА