

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МІЖНАРОДНИХ ВІДНОСИН

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

БАБИЧ ОЛЕКСАНДР АНДРІЙОВИЧ

УДК 339.7

ДИСЕРТАЦІЯ
ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ГЛОБАЛЬНИЙ ЧИННИК ТРАНСФОРМАЦІЇ
МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ ТА ІНСТИТУЦІЙ

292 Міжнародні економічні відносини

(шифр і назва спеціальності)

29 Міжнародні відносини (галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О.А. Бабич

Науковий керівник: Дзюба Павло Валерійович, доктор економічних наук, професор, професор кафедри міжнародних фінансів Навчально-наукового інституту міжнародних відносин Київського національного університету імені Тараса Шевченка

КИЇВ – 2025

АНОТАЦІЯ

Бабич О. А. Цифровізація як глобальний чинник трансформації міжнародних фінансових ринків та інституцій – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 29 «Міжнародні відносини» за спеціальністю 292 «Міжнародні економічні відносини», Навчально-науковий інститут міжнародних відносин Київського національного університету імені Тараса Шевченка - Київ, 2025.

Дисертацію присвячено дослідженню цифровізації як глобального чинника трансформації міжнародних фінансових ринків та інституцій. Обґрунтовано, що поширення цифрових технологій (ФінТех, ШІ, блокчейн, ДеФі) змінює архітектуру фінансової взаємодії, формує нові канали ризиків, спричиняє зростання регуляторної асиметрії та викликає потребу у нових прогнозних підходах. Актуальність дослідження зумовлена посиленням нестабільності цифрових активів, фрагментарністю глобального нормативного середовища, проблемами доступу до фінансових послуг та необхідністю адаптації аналітичних інструментів до нових реалій.

Метою дисертаційного дослідження є виявлення та обґрунтування основних напрямів трансформацій міжнародних фінансових ринків та інституцій під впливом цифровізації. Об'єктом виступає процес цифровізації міжнародних фінансових ринків та інституцій, предметом – основні напрями, теоретичні та практичні аспекти трансформації міжнародних фінансових ринків та інституцій під впливом цифровізації.

Методологія дослідження базується на інтеграції системного та економетричного аналізу із застосуванням сучасних моделей машинного навчання, зокрема для генерації синтетичних часових рядів і багатокрокового прогнозування цін цифрових активів.

Наукова новизна полягає у виявленні та обґрунтуванні основних напрямів трансформацій міжнародних фінансових ринків та інституцій під впливом цифровізації. В рамках дисертаційного досліджено уперше

розроблено гібридний підхід до прогнозування цін цифрових активів, що поєднує WGAN-GP для генерації синтетичних часових рядів та BiLSTM для адаптивного багатокрокового прогнозу. Досягнуто покращення точності прогнозів у порівнянні з базовими моделями. Удосконалено систематизацію трансформаційних треків цифровізації, зокрема кібербезпекових, регуляторних, інклюзивних і ризик-орієнтованих. Досліджено взаємозв'язок цифровізації та фінансової стабільності, а також розширено методологію оцінювання цифрової інклюзії.

Практичне значення роботи полягає у використанні результатів дисертації для оцінювання ризиків цифрової трансформації, формування регуляторної політики, удосконалення підходів до прогнозування цін цифрових активів у фінансових установах, аналітичних центрах та інвесткомпаніях. Результати впроваджено у діяльність компаній, організацій та в освітній процес.

Ключові слова: цифровізація, цифрова економіка, фінансова глобалізація, фінансові технології, глобальна цифрова трансформація, цифрові фінансові послуги, інноваційна ємність, штучний інтелект, міжнародний фінансовий ринок, світовий фінансовий ринок, світова фінансова система, цінні папери, фінансові інституції, фінансові рішення.

ABSTRACT

Oleksandr Babych. Digitization as a global factor in the transformation of international financial markets and institutions. – Qualification scientific work with the manuscript copyright.

The thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 29 International Relations, specialty 292 International Economic Relations, Educational and Research Institute of International Relations of Taras Shevchenko National University of Kyiv – Kyiv, 2025.

The dissertation is devoted to the study of digitalization as a global driver of transformation in international financial markets and institutions. It is substantiated that the spread of digital technologies (FinTech, AI, blockchain, DeFi) reshapes the architecture of financial interaction, creates new channels of risk, intensifies regulatory asymmetry, and necessitates the development of innovative forecasting approaches. The relevance of the study stems from the growing instability of digital assets, the fragmented global regulatory environment, limited access to financial services, and the urgent need to adapt analytical tools to digital realities.

The aim of the dissertation is to identify and substantiate the key directions of transformation in international financial markets and institutions under the impact of digitalization. The object of the study is the process of digitalization in international financial markets and institutions; the subject includes its main vectors, theoretical foundations, and practical transformation aspects.

The research methodology integrates systems analysis, comparative methods, and econometric modelling, complemented by machine learning tools used for synthetic data generation and time series forecasting.

The scientific novelty lies in identifying and substantiating key digitalization-driven transformations. For the first time, a hybrid forecasting model was developed, combining WGAN-GP for generating synthetic time series and BiLSTM for adaptive multi-step forecasting of digital asset prices. The model demonstrated improved accuracy over baseline approaches. The research enhances the systematization of digital transformation tracks, particularly in cybersecurity,

regulation, inclusion, and systemic risk. It also examines the relationship between digitalization and financial stability and expands the methodology for assessing digital financial inclusion.

The practical significance lies in the applicability of the results for risk assessment of digital transformation, regulatory design, and improvement of price forecasting techniques for digital assets in financial institutions, analytical centres, and investment firms. The results have been implemented in practice and in the educational process.

Key words: digitalization, digital economy, financial globalization, financial technologies, global digital transformation, digital financial services, innovation capacity, artificial intelligence, international financial market, global financial market, global financial system, securities, financial institutions, financial decisions.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Бабич О.А. Вплив цифровізації на фінансові інституції // Київський економічний науковий журнал, випуск № 3 – 2023. – <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2023-3-1> (0.61 a.a.)
2. Бабич О.А. Цифровізація фінансових ринків, сучасні проблеми та виклики // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво, випуск № 3 (129) – 2023. – <https://doi.org/10.32782/1814-1161/2023-3-1> (0.5 a.a.)
3. Бабич О.А. Системні ризики та нестабільність ринку: аналіз впливу швидкої цифровізації на світові фінансові ринки // Економіка та суспільство. № 71. – 2025. – <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-97> (0.25 a.a.)
4. Бабич О.А. Прогнозування цін криптовалют за допомогою штучного інтелекту: інтеграція технічного аналізу та теорій циклів із моделями машинного навчання // Науковий вісник міжнародного гуманітарного

університету. серія: «економіка і менеджмент» № 62 – 2025. –
<https://doi.org/10.32782/2413-2675/2025-62-3> (0.78 а.а.)

Тези доповідей у збірниках міжнародних наукових і науково-практичних конференцій в Україні та за кордоном:

5. Babych O. Digitalization of the Financial Market: Current Risks and Challenges // Всеукраїнська науково-практична конференція «Зовнішні та внутрішні аспекти фінансової безпеки України: виклики та перспективи» / Тематичний напрям: 2. Сучасні тенденції розвитку міжнародних фінансових ринків. – 2023. (0,2 а.а.)

6. Бабич О.А. Значення запуску bitcoin etf для ринку криптовалют // Міжнародна науково-практична конференція «Фінансові аспекти розвитку глобальної економіки: виклики та перспективи» / Тематичний напрям: Актуальні проблеми. – 2023. (0.2 а.а.)

7. Бабич О.А. Стратегії цифрової трансформації фінансових установ // Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми міжнародних відносин». – 2023. (0.1 а.а.)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ.....	18
1.1. Цифровізація фінансової сфери: компаративний аналіз наявних підходів.....	18
1.2. Основні рушії цифровізації фінансових ринків та інституцій.....	33
1.3. Машинне навчання як новітня сфера застосування методології наукового аналізу в умовах цифровізації.....	50
Висновки до розділу.....	60
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ТРАНСФОРМАЦІЙНІ ТРЕКИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ ТА ІНСТИТУЦІЙ.....	63
2.1. Трансформація кібербезпеки в умовах цифровізації фінансових систем	63
2.2. Адаптація міжнародних регуляторних рамок до цифрової трансформації міжнародних фінансових ринків.....	75
2.3. Розвиток фінансової інклюзивності.....	88
2.4. Зміна системних ризиків у контексті цифровізації фінансових ринків.....	103
2.5. Трансформація міжнародних фінансових інституцій під впливом цифровізації.....	130
Висновки до розділу.....	143
РОЗДІЛ 3. ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКАХ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	147
3.1. Загальна характеристика моделей машинного навчання та їхні прогностичні можливості.....	147
3.2. Практичне застосування моделей машинного навчання: на прикладі цифрових активів.....	155
3.3. Реалізація ансамблевого методу навчання для прогнозування цін цифрових активів.....	186
Висновки до розділу.....	193
ВИСНОВКИ.....	196
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	200
ДОДАТКИ.....	224

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БМР	– Банк міжнародних розрахунків
ДеФі	– децентралізовані фінанси
НБУ	– Національний банк України
ФРС	– Федеральна резервна система
ІКТ	– інформаційно-комунікаційні технології
ШІ	– штучний інтелект
ARIMA	– авторегресивна інтегрована модель ковзної середньої (від англ. Autoregressive Integrated Moving Average)
BiLSTM	– двонаправлена мережа довготривалої короткочасної пам'яті (від англ. Bidirectional Long Short-Term Memory)
CBDC	– цифрова валюта центрального банку (від англ. Central Bank Digital Currency)
CFTC	– Комісія з товарних ф'ючерсів США (від англ. Commodity Futures Trading Commission)
ETF	– біржовий інвестиційний фонд (від англ. Exchange-Traded Fund)
GAN	– генеративна змагальна нейронна мережа (від англ. Generative Adversarial Network)
GARCH	– генералізована авторегресивна умовна гетероскедастичність (від англ. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity)
IoT	– інтернет речей (від англ. Internet of Things)
LSTM	– мережа довготривалої короткочасної пам'яті (від англ. Long Short-Term Memory)
MA	– ковзна середня (від англ. Moving Average)
MAE	– середня абсолютна похибка (від англ. Mean Absolute Error)
MACD	– індикатор зближення/розходження ковзних середніх (від англ. Moving Average Convergence Divergence)
MAPE	– середня абсолютна відсоткова похибка (від англ. Mean Absolute Percentage Error)
MSE	– середньоквадратична похибка (від англ. Mean Squared Error)
RNN	– рекурентна нейронна мережа (від англ. Recurrent Neural Network)
RMSE	– корінь середньоквадратичної похибки (від англ. Root Mean Squared Error)
RSI	– індекс відносної сили (від англ. Relative Strength Index)
SEC	– Комісія з цінних паперів і бірж США (від англ. Securities and Exchange Commission)
VaR	– граничний рівень ризику або вартість під ризиком (від англ. Value at Risk)
WGAN-GP	– модифікована генеративна змагальна мережа з пеналізацією градієнта (від англ. Wasserstein Generative Adversarial Network with Gradient Penalty)

ВСТУП

Актуальність теми. Цифровізація є системним фактором трансформації міжнародних фінансових ринків та інституцій, змінюючи їх архітектуру, принципи функціонування та форми взаємодії. Поширення цифрових технологій на фінансову сферу призвело до появи нових класів активів, небанківських фінансових посередників, нестабільних каналів передачі ризиків та посилення трансграничної взаємозалежності у фінансових потоках. Це формує нове середовище, у якому традиційні підходи до регулювання, ризик-менеджменту й стратегічного планування втрачають ефективність. Актуальність теми визначається потребою в комплексному дослідженні трансформаційних треків цифровізації, які охоплюють зростання ролі кіберзагроз, ускладнення структури фінансових ризиків, поглиблення викликів для регуляторних рамок, зміни у механізмах фінансової інклюзії та необхідність оновлення інструментів аналітики цифрових активів. У контексті зростаючої нестабільності цифрових фінансових ринків, особливого значення набуває пошук інноваційних аналітичних підходів до оцінки майбутніх цін активів. Це зумовлює необхідність застосування інструментів машинного навчання, здатних враховувати високу волатильність, короткі життєві цикли даних і структурну неоднорідність інформації, зокрема через використання синтетичних фінансових даних як доповнення до історичних. Додатковим чинником актуальності виступає фрагментарність міжнародного нормативного середовища, що ускладнює узгодження підходів до регулювання цифрових фінансових інструментів і платформ, які стрімко розвиваються поза межами традиційної інституційної архітектури. У сфері фінансової інклюзії цифровізація формує водночас потенціал для розширення доступу до фінансових послуг і ризику посилення структурної нерівності, пов'язані з нерівномірністю цифрової грамотності, доступу до інфраструктури та національних відмінностей у рівні технологічного розвитку. Отже, актуальність теми дисертаційного дослідження полягає в необхідності глибокого аналізу впливу цифровізації на міжнародні фінансові ринки та

інституції, а також розроблення науково-практичних підходів до адаптації фінансових систем до нової цифрової парадигми з метою забезпечення їхньої стабільності, стійкості та ефективності.

Важливий внесок у формування науково-теоретичних засад цифровізації фінансової сфери зробили такі провідні зарубіжні дослідники, як П. Гомбер, Я.-А. Кох, М. Сірінг, Д. Арнер, Я. Барберіс, Р. Баклі, Д. А. Цецше, А. Нараянан, Дж. Бонно, Е. Фелтен, А. Міллер, С. Голдфедер, П. К. Озілі, Т. Кляйн, Х. Фам Ту, Т. Вальтер, Дж. Лі, Ю. Ву, Д. Джея Сяо, С. Цао, Л. Ніє, Х. Сунь, У. Сунь, Ф. Тагізаде-Гесарі, А. Упадг'яй, С. Мукхуті, В. Кумар, Ю. Казанджоглу, Г. Джордж, Р. Меррілл, С. Й. Д. Схіллебікс, І. Р. Де Луна, Ф. Льебана-Кабанільяс, Х. Санчес-Фернандес, Ф. Муньйос-Леїва та ін. Їхні наукові праці охоплюють широке коло проблем цифрових фінансів – від трансформації банківських і платіжних систем до розвитку фінтеху, децентралізованих фінансів, цифрової інклюзії, блокчейн-рішень, сталого розвитку та цифрової безпеки у глобальному фінансовому середовищі.

Сутнісні аспекти цифрової трансформації фінансової системи, пов'язані з ризиками, регуляторними змінами та зміною фінансової поведінки, досліджувались В. Міщенком, С. Науменковою, О. Приятельчук, А. Болдовим, Н. Халявко, О. Попело, П. Дзюбою, Ю. Уманцевим, І. Шевченко, В. Матеєм, А. Гриценком, С. Цигановим, Н. Ситник, Н. Ключкою, В. Коваленко, Г. Кучер, Ю. Пічугіною, О. Копиловою, Н. Краус, О. Краус, Н. Роциною та іншими науковцями, які запропонували комплексне бачення цифровізації як багатофакторного, багатоаспектного процесу з довгостроковими наслідками для глобальної та національної фінансових систем. Комплексність досліджень, що охоплюють як макроекономічні аспекти цифровізації, так і мікроекономічні зрушення у фінансових практиках, формує підґрунтя для поглибленого аналізу трансформацій міжнародних фінансових ринків у добу цифрової економіки.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є виявлення та обґрунтування основних напрямів трансформацій міжнародних фінансових ринків та інституцій під впливом цифровізації.

Для досягнення визначеної мети були поставлені такі основні завдання:

– здійснити теоретичне узагальнення концепцій цифровізації фінансів та систематизувати її вплив на трансформацію міжнародних фінансових ринків та інституцій;

– охарактеризувати та проаналізувати основні рушії цифровізації;

– обґрунтувати використання машинного навчання і штучного інтелекту як провідного аналітичного інструменту у роботі з великими масивами даних для моделювання та прогнозування;

– дослідити природу та класифікацію цифрових ризиків у міжнародному фінансовому середовищі, охарактеризувати канали їх поширення та чинники посилення;

– проаналізувати трансформацію регуляторних підходів до цифрових фінансових активів та обґрунтувати напрями адаптації міжнародних регуляторних рамок;

– оцінити вплив цифрових технологій на фінансову інклюзію та виявити фактори, що зумовлюють нерівномірність доступу до фінансових послуг у цифрову епоху;

– визначити структурні характеристики системних ризиків цифрового типу та обґрунтувати сучасні підходи до їх виявлення, оцінки й нейтралізації;

– оцінити вплив цифрових технологій на трансформацію організаційної структури та системи взаємодії фінансових інституцій, включаючи формування нових типів суб'єктів фінансового ринку.

– поєднати наявні моделі гібридного навчання для розробки гібридного підходу до прогнозування цін цифрових фінансових активів з використанням історичних, синтетичних даних і ринкових індикаторів;

– провести порівняльну оцінку ефективності моделей машинного навчання для коротко- та середньострокового прогнозування цін цифрових активів, з урахуванням точності прогнозів на різних типах вхідних даних.

Об’єктом дослідження є процес цифровізації міжнародних фінансових ринків та інституцій.

Предметом дослідження – основні напрями, теоретичні та практичні аспекти трансформації міжнародних фінансових ринків та інституцій під впливом цифровізації.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі застосовано широкий спектр загальнонаукових та спеціальних методів теоретичного й емпіричного дослідження, що дозволили комплексно розкрити трансформаційні процеси цифровізації міжнародних фінансових ринках та інституціях: аналіз і синтез (у підрозділах 1.1 та 1.2 використано для систематизації етапів та рушіїв цифровізації фінансових ринків, узагальнення теоретичних підходів до розуміння цифрових трансформацій та формування відповідної концептуальної бази дослідження); абстрагування (застосованому в розділі 2 для виокремлення ключових проявів цифрових ризиків, регуляторних викликів та проблем фінансової інклюзії на міжнародних фінансових ринках, що дало змогу сформувавши класифікацію трансформаційних треків); порівняльний аналіз (використано у підрозділах 2.2 та 2.3 для виявлення спільних та відмінних рис у підходах до цифрового регулювання та оцінки доступу до фінансових послуг у різних країнах і регіонах); використані статистичні методи та аналіз залежностей (у підрозділі 2.4 – застосовано для аналізу цифрової структури інвестиційних портфелів, оцінки волатильності цифрових активів, обчислення кореляцій між різними активами, обчислення VaR і CVaR та побудови емпіричних розрахунків); теоретико аналітичний метод (застосовано у підрозділах 1.3 та 3.1 для теоретичного аналізу потенціалу моделей машинного навчання до обробки часових рядів фінансових даних, зокрема з огляду на їхню здатність враховувати волатильність, нелінійність та часову залежність, характерні для цифрових

активів); методи моделювання часових рядів (у підрозділі 3.2 – для навчання моделі на історичних даних із додаванням ринкових індикаторів, а також оцінки їх впливу на точність прогнозу на різних часових відрізках; у підрозділі 3.3 – для порівняння ефективності використання реальних і синтетичних даних у процесі навчання моделей оцінювання майбутніх цін цифрових фінансових активів).

Системний підхід як методологічна основа дослідження дав змогу комплексно охопити концепції цифровізації міжнародних фінансових ринків, оцінити взаємозв'язки між цифровими ризиками, фінансовою інклюзією, регуляторними викликами та трансформацією інституційної архітектури. Він забезпечив узгодження теоретичних, прикладних і прогностичних компонентів дослідження, що дозволило побудувати цілісну аналітичну модель впливу цифровізації на функціонування міжнародних фінансових ринків та інституцій.

Інформаційну базу дисертаційного дослідження становлять зарубіжні та вітчизняні наукові публікації, аналітичні огляди міжнародних організацій (МВФ, Світовий банк, БМР, ЄЦБ), звіти фінансових регуляторів, статистичні дані консалтингових агентств (McKinsey, Bloomberg, Deloitte), а також матеріали та статистичні дані спеціалізованих фінансових платформ та ресурсів (Binance, Yahoo Finance). Окрім того, у роботі були використані результати емпіричних досліджень та авторських розрахунків.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у виявленні та обґрунтуванні основних напрямів трансформацій міжнародних фінансових ринків та інституцій під впливом цифровізації. Проведене дослідження дало змогу отримати такі найбільш суттєві результати, які визначають внесок автора у розв'язання поставленої проблеми та характеризують наукову новизну роботи:

уперше:

– розроблено новий гібридний підхід до прогнозування цін цифрових фінансових активів, який базується на побудованих автором моделях

машинного навчання: моделі генерації синтетичних часових рядів на основі історичних даних та адаптивній моделі з багатокроковим горизонтом прогнозування, що навчається на синтетичних та історичних даних; за результатами їх тестування було досягнуто покращення цільових показників ефективності прогнозування: зниження середньої абсолютної похибки на 15,2 %, квадратного кореня середньоквадратичної похибки на 12,4 %, середньої абсолютної відсоткової похибки на 16,6 %, а коефіцієнт детермінації R^2 підвищився з 0,9601 до 0,9694, що засвідчує якість як прогностичної моделі, так і моделі генерації синтетичних даних;

удосконалено:

– підхід до систематизації напрямів трансформації міжнародних фінансових ринків під впливом цифровізації, зокрема автором обґрунтовано наявність чотирьох взаємопов'язаних трансформаційних треків: кібербезпекового, регуляторного, інклюзивного і треку системних ризиків, які в цілому формують якісно нове інфраструктурне середовище міжнародних фінансових ринків; запропонований підхід формує концептуальне підґрунтя для комплексного аналізу впливу цифровізації на трансформацію міжнародних фінансових ринків;

– концепцію аналізу цифрових ризиків на міжнародних фінансових ринках шляхом розширення аналітичної рамки, яка поєднує інституційні, технологічні та багатонаціональні аспекти появи системної нестабільності: традиційні підходи розглядають системні ризики цифровізації фрагментарно, натомість у дослідженні запропоновано поєднати такі чинники, як гнучкість регуляторної відповіді на цифрові інновації, технічну вразливість фінансової інфраструктури (особливо в контексті ДеФі, смарт-контрактів і алгоритмічної торгівлі) та нормативну асиметрію між юрисдикціями; це дозволило перейти від лінійної оцінки загроз до мультимодального аналізу цифрових чинників, що формують нову природу системних ризиків;

– теоретичне обґрунтування взаємозв'язку цифровізації та фінансової стабільності в умовах зростання глобальної взаємозалежності, що передбачає

аналіз трансформаційних ефектів цифрових фінансових технологій, охоплює зміни механізмів та каналів передачі ризиків, появу нових інституційних посередників і вразливостей у цифрових фінансових підсистемах; доведено доцільність трактування цифровізації не лише як чинника інновацій, а також джерела нових системних ризиків на міжнародних фінансових ринках;

набуло подальшого розвитку:

– теоретично-методологічні засади оцінювання цифрової фінансової інклюзії шляхом доповнення традиційних підходів додатковими якісними критеріями, такими як рівень цифрової грамотності, доступ до технологічної інфраструктури, гендерні та соціально-територіальні бар'єри, а також ризики алгоритмічної дискримінації, що дозволяє перейти від вузького трактування фінансової інклюзії до її багатовимірного розуміння, як соціально зумовленого процесу, що відображає нерівномірність трансформацій міжнародних фінансових ринків у наслідок цифровізації;

– концептуалізація використання синтетичних даних у моделях машинного навчання, що дає змогу розширити навчальний простір цих моделей у разі обмеженості історичних даних та дозволяє відтворювати альтернативні сценарії руху цін цифрових активів і забезпечує кращу адаптацію цих моделей до умов їхньої підвищеної волатильності самих даних.

– теоретичні положення та рекомендації щодо адаптації міжнародного регуляторного середовища до умов трансформації фінансових ринків, які полягають у балансі між контролем та стимулюванням інновацій, сприянні прозорості сфери цифрових фінансів для укорінення довіри з боку інвесторів, підвищенні нормативної гнучкості та посиленні інституційної відповідальності, при цьому не створюючи бар'єри входу для нових учасників.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновані аналітичні положення щодо цифрових ризиків, кіберзагроз, нерівномірності доступу до фінансових послуг та трансформації регуляторних рамок можуть бути використані фахівцями з міжнародних фінансів, представниками регуляторних установ та аналітичних центрів при формуванні стратегій

цифрової адаптації та забезпечення стійкості функціонування світової фінансової системи. Окрему прикладну цінність становлять результати, пов'язані з розробкою гібридного підходу на основі машинного навчання для прогнозування майбутніх цін цифрових фінансових активів. Запропоноване рішення поєднує генерацію синтетичних часових рядів, адаптивне багатокрокове прогнозування та використання ринкових індикаторів, що дозволяє підвищити точність оцінювання в умовах високої цінової волатильності на ринку цифрових активів. Такий підхід може застосовуватись у фінансовій аналітиці, зокрема в роботі інвестиційних компаній, банківських підрозділів та фінтех-структур для проведення сценарного аналізу, побудови альтернативних ринкових траєкторій і зниження рівня прогнозованої невизначеності.

Основні положення, висновки та результати дисертаційного дослідження упроваджено у практичну діяльність ВГО «Українська асоціація економістів-міжнародників» при підготовці та проведенні наукових, освітніх заходів та науково-дослідницькій роботі; в межах діяльності ТОВ «ГРОД-ХАУС» при виконанні консультативної, аналітичної та проектної роботи; при здійсненні освітнього процесу в Н-н ІМВ КНУ імені Тараса Шевченка (вих. № 048-102 від 28.04.2025 р.) у межах дисциплін «Технологічні продукти міжнародних фінансів» та «Міжнародні фінансові ринки та банківська діяльність».

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаним дослідженням. Усі наукові положення, висновки, обґрунтування, побудовані моделі та прикладні рекомендації отримані автором особисто. Результати дослідження відображено в одноосібно підготовлених публікаціях і апробовано на наукових конференціях.

Апробація результатів дослідження. Основні результати та положення дисертаційного дослідження пройшли апробацію у процесі виступів на науково-практичних конференціях, а також були оприлюднені у фахових наукових виданнях. Зокрема, результати дослідження були представлені на:

Всеукраїнській науково-практичній конференції «Зовнішні та внутрішні аспекти фінансової безпеки України: виклики та перспективи» (2023), де було представлено тези на тему «Digitalization of the Financial Market: Current Risks and Challenges» у тематичному напрямі «Сучасні тенденції розвитку міжнародних фінансових ринків»; Міжнародній науково-практичній конференції «Фінансові аспекти розвитку глобальної економіки: виклики та перспективи» (2023) з тезами на тему «Значення запуску bitcoin ETF для ринку криптовалют»; Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми міжнародних відносин» (2023), де було презентовано тези «Стратегії цифрової трансформації фінансових установ».

Матеріали дисертації також опубліковані у рецензованих наукових журналах, зокрема: «Київський економічний науковий журнал» (2023, №3) – стаття «Вплив цифровізації на фінансові інституції»; «Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво» (2023, №3 (129)) – стаття «Цифровізація фінансових ринків, сучасні проблеми та виклики»; «Економіка та суспільство» (2025, №71) – стаття «Системні ризики та нестабільність ринку: аналіз впливу швидкої цифровізації на світові фінансові ринки»; «Науковий вісник міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент» (2025, №62) – стаття «Прогнозування цін криптовалют за допомогою штучного інтелекту: інтеграція технічного аналізу та теорій циклів із моделями машинного навчання». Публікації та тези доповідей засвідчують високий рівень апробації результатів дисертаційного дослідження у науковому середовищі.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг дисертації становить 225 сторінок друкованого тексту. Основний текст дисертаційної роботи становить 193 сторінки комп'ютерного тексту, який містить 30 таблиць, 21 рисунок та 18 формул. Робота має 2 додатки, які розміщені на 2 сторінках. Список використаної літератури містить 207 найменувань на 24 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ

1.1 Цифровізація фінансової сфери: компаративний аналіз наявних підходів

У цьому підрозділі здійснено системне теоретичне узагальнення сучасних концепцій цифровізації фінансів, що дозволяє розкрити її як багатогранний і міждисциплінарний феномен, який одночасно трансформує структуру фінансових ринків, логіку функціонування інституцій і моделі взаємодії між учасниками. Аналізуючи підходи провідних дослідників – від Фінтех та ДеФі до інституціональної економіки й платформізації фінансів – у роботі представлено еволюцію цифрових трансформацій у фінансовій сфері, охоплюючи ключові технологічні інновації, включаючи блокчейн, смарт-контракти, штучний інтелект, великі масиви дані та хмарні обчислення. Особлива увага приділена компаративному аналізу між різними теоретичними школами, які пояснюють цифровізацію або як поступову адаптацію інструментів, або як радикальну зміну інституційної логіки фінансів. Такий підхід дозволяє сформуванню обґрунтовану теоретично-методологічну основу для подальшого дослідження дисертаційної роботи.

Сучасна глобальна економіка зазнає масштабних змін, зумовлених стрімким розвитком інформаційних технологій, що призводять до цифровізації сфери фінансів яку П. Гомбер, Я.-А. Кох та М. Сірінг (2017) визначають як процес, який передбачає впровадження цифрових технологій у фінансові продукти та послуги, кардинально змінюючи принципи роботи фінансових установ і ринків. Завдяки цьому з'являються системи електронних платежів, які забезпечують швидкі та зручні безготівкові транзакції через цифрові канали, а разом із ними й мобільний банкінг, що робить банківські послуги доступними прямо зі смартфона. Водночас платформи онлайн-

кредитування революціонізують процес отримання позик, дозволяючи оформлювати кредити через інтернет, тоді як цифрове страхування спрощує управління страховими полісами онлайн. Ці інновації тісно пов'язані з ФінТех – технологіями, що підвищують ефективність і безпеку фінансових послуг, відкриваючи нові можливості для користувачів. У цьому ж руслі розвиваються децентралізовані фінанси (ДеФі), які, спираючись на блокчейн – розподілену базу даних із високим рівнем прозорості та безпеки, – дозволяють обходити традиційних посередників, таких як банки. Паралельно ШІ, здатний аналізувати дані та приймати рішення, разом із аналітикою великих масивів даних, що виявляє тренди на основі величезних обсягів інформації, стають основою для подальшої трансформації фінансового сектору, забезпечуючи його адаптацію до сучасних викликів [112]. У цьому контексті важливу роль відіграють цифрові фінансові послуги, які Д. Арнер, Я. Барберіс та Р. Баклі (2015) визначають як широкий спектр фінансових продуктів і послуг, що надаються через цифрові канали, такі як мобільні телефони, інтернет та інші технології, включаючи мобільний банкінг, онлайн-платежі, цифрові гаманці та P2P-кредитування. Дослідники підкреслюють, що цифрові фінансові послуги сприяють демократизації фінансових послуг, особливо в країнах, що розвиваються, де традиційна банківська інфраструктура обмежена. Цифровізація сфери фінансів породжує цифрову інфраструктуру, яка становить технологічну основу для підтримки цифрових фінансових послуг, включаючи телекомунікаційні мережі, платіжні системи та цифрові платформи. Згідно до Д. Арнера, Я. Барберіса та Р. Баклі (2015), цифрова інфраструктура є критично важливою для забезпечення надійності, безпеки та доступності цифрових фінансових послуг, створюючи унікальні можливості для цифровізації фінансового сектору та підвищення фінансової інклюзії у всьому світі [42]. Отже, цифровізація фінансової сфери охоплює не лише трансформацію окремих продуктів і послуг, а й формує цілісну інфраструктуру, що забезпечує функціонування нової парадигми фінансової взаємодії. На цьому тлі міжнародні організації в своїх звітах, зокрема Світовий

банк, сформулювали концептуальне бачення цифрових фінансів як фінансові послуги, що надаються через цифрові канали, такі як веб платформи та мобільні пристрої, із застосуванням технологій, які сприяють зниженню операційних витрат і підвищенню продуктивності. Значення цифровізації у сучасному економічному контексті зумовлене кількома ключовими аспектами. Насамперед, цифрові фінанси суттєво скорочують трансакційні витрати, що позитивно позначається на ефективності та доступності фінансових послуг [196]. Окрім того, цифровізація відіграє важливу роль у розширенні доступу до фінансових ресурсів, сприяючи інтеграції до фінансової системи тих верств населення, які раніше залишалися поза межами традиційних банківських послуг [197]. Загалом, вплив цифровізації на фінансовий сектор проявляється у глибокій трансформації традиційних банківських бізнес-моделей. Як зазначає О. Приятельчук (2023) у своїй праці, сучасні технології, зокрема мобільні платформи, ШІ, блокчейн і аналітика великих даних, формують нову парадигму функціонування фінансових інституцій, сприяючи переходу від фізичної присутності до повністю цифрових форматів обслуговування. Яскравим прикладом таких змін є розвиток необанків – новаторська цифрова фінансова установа, яка надає банківські послуги повністю онлайн, без традиційної мережі фізичних відділень. Поява глобальних цифрових платформ, створює нові конкурентні реалії, що змушує класичні банківські установи адаптуватися до цифрової економіки шляхом розробки власних цифрових сервісів, модернізації технологічної архітектури та оптимізації витрат для збереження ринкових позицій [24]. Таким чином, цифровізація фінансового сектору виступає не лише як технологічне оновлення окремих послуг, а як системна трансформація всієї фінансової екосистеми. Її вплив охоплює одночасно інфраструктурний, інституційний та поведінковий рівні, формуючи нову архітектуру фінансової взаємодії, що ґрунтується на цифрових каналах, відкритих платформах і технологіях обробки даних.

У цьому контексті важливою складовою цифрової трансформації фінансів є формування нової технологічної парадигми, що ґрунтується на децентралізованих цифрових механізмах, таких як блокчейн, криптовалюта, смарт-контракти та розподілений консенсус. А. Нараянан, Дж. Бонно, Е. Фелтен, А. Міллер і С. Голдфедер (2016) в своїй ґрунтовній праці зазначають що криптовалюти, зокрема Bitcoin, є новим типом цифрових грошей, що поєднують криптографічні алгоритми, peer-to-peer мережі та розподілені бази даних для забезпечення прозорості, незмінності та безпечності транзакцій без участі центрального посередника. Унікальність цієї системи полягає в інтеграції механізмів захисту цілісності фінансових даних через криптографічні хеші, цифрові підписи, а також алгоритми доказу виконаної роботи (proof-of-work), які одночасно забезпечують емісію нових одиниць криптовалюти та захист мережі від подвійного витрачання. Розроблена структура блокчейну виконує функції загальнодоступного реєстру, в якому транзакції фіксуються у вигляді незмінного ланцюга блоків із використанням хеш-показників і тимчасових міток, що усуває необхідність у довірених третіх особах та значно підвищує стійкість до маніпуляцій. Крім того, децентралізовані моделі управління та валідовані протоколи консенсусу відкривають перспективи для створення фінансових екосистем нового типу – відкритих, адаптивних і саморегульованих. Смарт-контракти, як підкреслюють автори, виступають програмованими фінансовими інструментами, що автоматизують виконання угод на основі заздалегідь визначених умов, що, у свою чергу, дозволяє зменшити транзакційні витрати, мінімізувати людський фактор і прискорити бізнес-процеси у цифровому середовищі [152].

Важливим вкладом в даному напрямі стали дослідження Д. А Цецше, Д. В. Арнер, Р. П. Баклі (2020), які пропонують розглядати цифровізацію фінансової сфери не як лінійну адаптацію новітніх технологій, а як глибоку перебудову фінансової інфраструктури та регуляторної архітектури, що ґрунтується на парадигмі децентралізації. У межах цього підходу

запроваджується поняття ДеФі, що охоплює постачання фінансових послуг без централізованих посередників, через розподілені реєстри (DLT), смарт-контракти та відкриті фінансові протоколи, які забезпечують автоматизовану взаємодію між учасниками без залучення банків чи брокерів. На відміну від традиційних ФінТех-рішень, що часто залишаються в межах централізованої інституційної логіки, ДеФі відображає технологічний зсув до повної децентралізації фінансових функцій і послуг. Особливу увагу автори приділяють чотирьом технологіям, які утворюють ядро сучасної цифрової фінансової інфраструктури, узагальнених у концепції ABCD: Artificial Intelligence (ШІ), Blockchain (блокчейн)/ Distributed Ledger Technology (DLT), Cloud Computing, та BigData (великі масиви даних). Цей набір технологій створює умови для масштабованого й автономного функціонування фінансових сервісів із мінімальним людським втручанням, що відкриває можливості для формування саморегульованих платформ та вбудованого регулювання. Таке трактування цифровізації зміщує аналітичний фокус із окремих інструментів – таких як мобільний банкінг чи електронні платежі – на системні процеси, що змінюють логіку фінансового посередництва, розподілу відповідальності, регуляторного контролю та управління ризиками. У такий спосіб цифрова трансформація фінансів у моделі ДеФі постає не лише як технологічний феномен, а як методологічно новий формат організації фінансової системи, що дедалі більше інтегрується з цифровим середовищем, втрачаючи географічну прив'язку та посилюючи роль коду як регулятивного механізму [205].

У дослідженні П. Дзюби, М. Грисенко та В. Матея (2022) цифрова трансформація глобальної фінансової системи розглядається як глибокий структурний зсув, що зумовлює появу нових ризиків, які не вписуються в рамки традиційних фінансових моделей. Методологічно автори об'єднують системний аналіз із порівняльною оцінкою академічних джерел, виокремлюючи чотири основні кластери ризиків: кібербезпека, криптоактиви, правові та регуляторні загрози, а також ризики фінансової стабільності.

Новизною підходу є спроба пов'язати глобальні трансформаційні процеси з національними фінансовими системами через аналіз міжсистемної взаємодії та оцінку здатності держав протидіяти загрозам цифровізації. Дослідження підкреслює, що ефективна ідентифікація ризиків має базуватися не лише на моніторингу кібер-інцидентів чи регуляторних провалів, а й на інтеграції ШІ в механізми виявлення ризиків, формування відкритих цифрових платформ і міжсекторальної взаємодії органів влади. Автори наголошують, що цифрова трансформація має не лише стимулювати інноваційність і конкурентоспроможність, а й відповідати стандартам кіберзахисту, безпеки даних, регуляторної сумісності та інклюзивності. Таким чином, підхід П. Дзюби, М. та В. Матея пропонує універсальну аналітичну рамку для оцінки трансформаційних ризиків, яку доцільно інтегрувати до теоретичного аналізу цифровізації фінансів як багатофакторного процесу зі складною конфігурацією взаємозв'язків на глобальному, регіональному та національному рівнях [85].

Дослідження С. Циганова та Н. Циганової (2023) розкриває глибоку взаємозалежність між фінансовою та економічною глобалізацією, підкреслюючи, що трансформація фінансових ринків відбувається під впливом інтенсифікації міжнародних фінансових потоків, впровадження цифрових технологій та ускладнення ринкової інфраструктури. Автори обґрунтовують, що сучасні фінансові ринки відіграють роль ключового механізму ефективного перерозподілу капіталу, адаптуючись до викликів глобальної нестабільності через розвиток інноваційних фінансових продуктів і цифрових інструментів. Такі зміни супроводжуються зростанням ролі фінансових технологій (FinTech), що сприяє підвищенню ліквідності активів, зменшенню трансакційних витрат та розширенню доступу до фінансових послуг. Методологічно автори використовують компаративний підхід до аналізу циклічності глобального фінансового середовища та взаємозв'язку між структурними трансформаціями та цифровізацією фінансів [32]. Подальше осмислення цифровізації фінансів вимагає виходу за межі суто економічного

аналізу, що підтверджують роздуми С. Циганова, який трактує цифрову трансформацію не лише як еволюцію платіжних засобів, а як фундаментальну зміну в системі соціальних координат. У своїй філософській інтерпретації, спираючись на ідеї Г. Зіммеля, він наголошує, що із втратою матеріального носія гроші перетворюються на універсальний символ абстрактного обміну, який охоплює все більше аспектів суспільного життя. Така дематеріалізація фінансів, за його оцінкою, одночасно відкриває нові можливості для адаптивності економічних систем і загрожує уніфікацією людських відносин, де мірилом стає ефективність, а не ціннісна або етична наповненість [190].

Доречним в контексті даного питання є праці В. Міщенко (2022) в яких автор констатує, що цифровізація економіки становить якісно новий рівень розвитку продуктивних сил, що трансформує характер економічних відносин, заснованих на знаннях, інформації та інтелекті. Вона спричиняє глибоку зміну інституційної логіки економічного устрою, формуючи мережеву модель функціонування, в якій інформація стає стратегічним ресурсом. Цей зсув є передумовою для формування нової економічної системи, де традиційні регулятори втрачають ефективність, а стратегічне управління вимагає багаторівневої координації між державою, бізнесом і громадянським суспільством [19; 21].

Окремо заслуговують увагу в контексті теоретико-методологічного аналізу цифровізації фінансової сфери, дослідження І. Шевченко з співавторами (2023) де проведена систематизація ключових підходів до оцінки цифрової економіки в глобальному вимірі. Автори поєднують концептуальні підходи із емпіричним аналізом, використовуючи Network Readiness Index (NRI) як індикатор цифрової готовності країн. Методологія базується на оцінці чотирьох основних категорій: технології, людський капітал, управління та вплив, що дозволяє виявити структурні чинники цифрового розвитку. Застосування порівняльного аналізу дозволяє авторам виділити групу лідерів цифрової трансформації, а також проаналізувати вплив цифрової економіки на ВВП і структуру витрат домогосподарств. Стаття також пропонує цілісне

методологічне бачення принципів побудови цифрової економіки – інтегрованість, повнота, доступність, справедливість, безпека, ефективність, відкритість та незалежність. Крім того, автори підкреслюють, що цифрова трансформація відбувається на всіх рівнях – від локального до міжнародного – і має прямий вплив на зміну економічної структури та парадигм створення вартості. Методологічна вартість цієї роботи полягає у поєднанні аналітичної статистики, багаторівневої індексної оцінки та концептуального переосмислення цифровізації як рушія нової економічної реальності [177].

Процес цифровізації фінансової сфери має тривалу еволюцію, що охоплює перехід від базової автоматизації операцій до формування повноцінних цифрових екосистем. Цифровізація фінансового сектору є результатом тривалого історичного розвитку, що спирається на взаємодію фінансових і технологічних інновацій. Цей процес відображає поступову трансформацію фінансових ринків та інституцій під впливом нових технологій, які змінюють способи надання послуг, обробки даних і взаємодії з клієнтами. Для ґрунтовного розуміння того, як цифрові технології формують сучасний стан фінансової системи, необхідно розглянути ключові етапи цієї еволюції – від початкових спроб автоматизації банківських операцій до інтеграції передових рішень, таких як блокчейн, ШІ та ДеФі. Такий підхід дозволяє не лише проаналізувати природу змін, що вже відбулися, а й оцінити перспективи розвитку цифрових фінансових послуг у майбутньому. В своєму дослідженні Д. Арнер, Я. Барберіс та Р. Баклі (2015) описують наступні еволюційні етапи через які відбувався процес цифровізації фінансів [42]:

1. Етап зародження фінансових інформаційних систем (1960–1980-ті роки), який проявлявся у початковій комп'ютеризації, що дозволила автоматизувати базові банківські процеси, такі як ведення обліку та операційна діяльність.

2. Етап інтернет-банкінгу (1990–2000-ті роки), що характеризувався поширенням інтернет-технологій, що забезпечило широке впровадження

онлайн-банкінгу – це суттєво підвищило доступність фінансових послуг і знизило операційні витрати банків.

3. ФінТех-революція (після 2008 року), яка передбачала активне впровадження цифрових технологій у фінансові сервіси після глобальної фінансової кризи, що включало розвиток цифрових платіжних систем, P2P-кредитування, алгоритмічної торгівлі та краудфандинг платформ.

4. Поява технології блокчейн, ШІ та децентралізованих фінансів (2020-ті роки) – сучасний етап, який характеризується стрімкою цифровізацією ряду процесів фінансових установ, зокрема інтеграцією технологій блокчейн, цифрових валют, смарт-контрактів та ДеФі, що кардинально змінює традиційні підходи до здійснення фінансових операцій.

Кожен етап цифровізації фінансового сектору супроводжувався впровадженням технологій, які радикально змінювали логіку надання послуг та управління фінансовими потоками. Упорядкована систематизація цих періодів дозволяє простежити, як технологічні зрушення трансформували ринки – від автоматизації операцій до децентралізованих рішень. Таблиця 1.1. ілюструє цю еволюцію.

Таблиця 1.1

Аналіз основних періодів цифровізації у фінансах

Період	Основна технологія	Характеристика та приклади	Вплив на фінансові ринки
1	2	3	4
1960–1980-ті	Комп'ютеризація	Автоматизація обліку, транзакцій та внутрішніх операцій; мейнфрейми, перфокарти	Скорочення часу обробки операцій, зменшення людського фактору, початок цифрової трансформації банків
1990–2000-ні	Онлайн-банкінг	Доступ до рахунків онлайн, електронні перекази, поява банкоматів і платіжних карт	Масова цифровізація послуг, зростання доступності для клієнтів, зменшення витрат інституцій на фізичну інфраструктуру

1	2	3	4
після 2008	ФінТех-революція	Мобільні додатки, P2P-кредитування, краудфандинг, електронні гаманці, API-інтеграції	Зниження ролі банків як єдиних фінансових посередників, поява нових бізнес-моделей і небанківських провайдерів
2015–2020	Блокчейн-технології та смарт-контракти	Поява Bitcoin, платформи на основі Ethereum, розумні контракти, токенизація активів	Підвищення прозорості, безпеки та швидкості транзакцій, формування інфраструктури Web3
2020-ті	ШІ та машинного навчання у фінансах	Алгоритмічна торгівля, системи оцінки ризиків, персоналізовані фінансові продукти, ДеФі-протоколи	Автоматизація управління активами, зменшення залежності від традиційних банків, розвиток екосистем без посередників

Джерело: складено автором

Теоретичне осмислення цифровізації базується на міждисциплінарному підході, який поєднує економічні, інституційні та технологічні концепти аналізу цифрових трансформацій у фінансовій сфері. Теорія довгих хвиль економічного розвитку, сформульована М. Кондратьєвим (1920), згодом розвинута Й. Шумпетером та К. Фріменом – розкриває циклічну природу глобального економічного зростання, пояснюючи її через послідовну зміну технологічних укладів. Відповідно до цієї концепції, світова економіка проходить через цикли тривалістю від 40 до 60 років, кожен із яких спричинений виникненням радикальних технологічних нововведень, що докорінно змінюють структуру виробництва, ринків і суспільних відносин [139; 174; 105]. На кожному етапі технологічних хвиль визначальну роль відігравали конкретні інновації, які суттєво вплинули на економічне зростання та спричиняли кардинальні зміни у функціонуванні фінансових систем. Ці трансформації зачіпали як механізми обігу капіталу, так і структури фінансових інститутів, а також призводили до виникнення нових інструментів і форм ринкової взаємодії. Для глибшого розуміння цього процесу доцільно

розглянути еволюцію фінансів у контексті циклів Кондратьєва, доповнену Шумпетером та Фріменом, що дозволяє систематизувати та проаналізувати основні етапи розвитку. Узагальнена характеристика хвиль представлена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Хвилі Кондратьєва в контексті фінансів

Хвиля	Період	Ключові інновації	Вплив на фінанси
Перша	1780–1840	Парова машина, текстильна промисловість	Поява сучасного банкінгу; становлення національних валют; домінування купецького капіталу
Друга	1840–1890	Залізниця, сталь, телеграф	Створення фондових бірж; зародження міжнародного фінансового арбітражу; поява акціонерних товариств
Третя	1890–1940	Електроенергія, автомобілі, хімічна промисловість	Зростання кредитування; розвиток інвестиційного банкінгу; валютні кризи та початки державного фінансового регулювання
Четверта	1940–1990	Комп'ютери, аерокосмічні технології, ядерна енергетика	Створення Бреттон-Вудської системи; інтернаціоналізація капіталу; поява деривативів; розвиток корпоративного банкінгу
П'ята	1990–2020	Інтернет, мобільні технології, фінансові деривативи	Фінансова глобалізація; епоха фінансової дерегуляції; електронна комерція; поява фінтеху, криптовалюти, цифрових банків
Шоста	2020ті–2040 (умовно)	Штучний інтелект, блокчейн, квантові обчислення	Формування децентралізованих фінансових систем; автоматизація фінансових процесів; автономні платформи прийняття рішень; зміна ролі класичних банків

Джерело: складено автором на основі [139; 174; 105]

Варто уточнити, що періоди є умовними та з кожною наступною хвилею скорочуються що є закономірним втіленням експоненціального розвитку технологій, за різними джерелами, початок шостої хвилі відносять як до ранніх 2000-х, так і до початку 2020-х років, тобто перехід між хвилями є поступовим і накладається на пізній етап попереднього циклу. У сучасному контексті

економічного розвитку дедалі більше дослідників пов'язують процес цифровізації з так званою шостою технологічною хвилею, початок якої, за різними оцінками, припадає на перші роки 2000-х, тоді як її повномасштабне розгортання, за іншими оцінками, відбувається вже у 2020-х роках. Цей період вирізняється появою широкого спектра взаємопов'язаних інноваційних технологій, до яких належать ШІ, великі масиви даних, блокчейн, Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення, квантові технології, а також біо- та нейротехнології. Ці інновації разом створюють трансформаційний вплив на фінансові системи, змінюючи як операційні підходи, так і принципи взаємодії між учасниками ринку. Зокрема, ШІ використовується для автоматизації фінансових операцій, оцінки ризиків і створення персоналізованих послуг; блокчейн сприяє децентралізації транзакцій і підвищенню їхньої прозорості; квантові обчислення розглядаються як перспективний інструмент для збільшення обчислювальної потужності та забезпечення безпеки даних; великі масиви даних та аналітика дозволяють виявляти складні закономірності в поведінці учасників ринку. Ці приклади демонструють, що цифровізація фінансів не є відокремленим явищем, а становить невід'ємну частину ширшої хвилі системних змін, характерних для шостого циклу. Таким чином, розуміння циклічної природи економічного розвитку допомагає усвідомити місце цифровізації в сучасній технологічній еволюції.

Економіка платформи та роль цифрових платформ у фінансах. Концепція економіки платформи, яку розробили вчені Ж. Тіроль і Д. Паркер, відображає сучасні трансформації у бізнесі та фінансах. Вона описує перехід від традиційних бізнес-моделей, що спираються на фізичні активи, до цифрових багатосторонніх платформ. Ці платформи забезпечують пряму взаємодію між постачальниками послуг і споживачами, усуваючи потребу в складній фізичній інфраструктурі [157]. Такий підхід суттєво впливає на фінансовий сектор, де цифрові платформи відіграють дедалі важливішу роль у наданні фінансових послуг. Цифрові платформи та ФінТех-компанії відкривають альтернативні канали для руху капіталу, які часто випереджають

традиційні фінансові інституції, такі як банки, і не завжди підпадають під локальні регуляторні режими. Наприклад, технології блокчейн і платформи для швидких транзакцій стали драйвером структурної трансформації системи електронних платежів роблячи можливим здійснення миттєвих міжнародних переказів з мінімальною залежністю від посередників. Це сприяє децентралізації фінансових ринків і підвищує доступність фінансових послуг, але водночас ускладнює контроль за фінансовими потоками [10; 16; 23].

До основних характеристик цифрових платформ у фінансовому секторі можна віднести наступні: 1) Мережевий ефект, який передбачає що цінність цифрової платформи зростає разом із кількістю її користувачів. Наприклад, такі платформи, як PayPal (міжнародна електронна платіжна система), Binance (криптовалютна біржа) і Revolut (фінтех компанія), стають привабливішими для нових клієнтів, коли їхня аудиторія розширюється. Це створює позитивний зворотний зв'язок – більше користувачів підвищують корисність платформи, що, у свою чергу, залучає ще більше учасників. У фінансовій сфері, де довіра є ключовою, мережевий ефект сприяє швидкому зростанню та зміцненню позицій платформи на ринку. 2) Зниження операційних витрат – завдяки цифровізації платформи надають фінансові послуги з більшою ефективністю та меншими затратами, ніж традиційні банки. Використання автоматизації, аналітики даних і ШІ дозволяє оптимізувати процеси, зменшуючи витрати на персонал та інфраструктуру. Як наслідок, послуги стають доступнішими для користувачів, а платформи отримують перевагу над класичними фінансовими установами. 3) Глобальність – цифрові платформи забезпечують швидкі та економічні міжнародні транзакції, значно скорочуючи час і вартість переказів. Така глобальна доступність відкриває нові можливості для міжнародної торгівлі та фінансових операцій, роблячи послуги зручними для широкої аудиторії, включно з тими, хто раніше не мав доступу до традиційних банківських систем [157]. В табл. 1.3. наведена порівняльна характеристика традиційних фінансових інститутів та цифрових платформ за параметрами характеристик.

Порівняння традиційних фінансових інститутів та цифрових платформ

Характеристика	Традиційні банки	Цифрові платформи
Операційні витрати	Високі через наявність фізичних відділень	Низькі (можуть функціонувати з невеликими командами, а частину функцій передавати на аутсорсинг)
Географічне покриття операційної діяльності	Для більшості інституцій локальне	Глобальне в незалежності від розміру
Швидкість обробки міжнародних транзакцій	Декілька днів через систему SWIFT	Миттєво
Регулювання	Висока надійність, визначеність усіх аспектів діяльності відповідними законодавчими нормами та актами.	Частково регулюються в залежності від юрисдикцій

Джерело: складено автором

Таким чином, економіка платформи трансформує фінансовий сектор, створюючи нові можливості для інновацій і підвищення ефективності. Цифрові платформи не лише знижують витрати й прискорюють фінансові операції, а й формують нові моделі взаємодії між учасниками ринку. Їхній вплив на фінансову систему продовжуватиме зростати, що робить розуміння цієї концепції важливим для аналізу сучасних економічних процесів.

Концепція інституціональної економіки, розроблена такими видатними економістами, як Д. Норт і Д. Аджемоглу, підкреслює визначальну роль формальних інститутів (законодавство, регуляторні акти) та неформальних інститутів (культура, соціальна довіра) у формуванні процесів економічного розвитку. У контексті цифровізації фінансового сектору ця теорія пояснює, чому розвиток фінансових технологій є більш швидким і ефективним у країнах із міцними, прозорими правовими та регуляторними системами. Сильні інститути створюють сприятливе середовище для впровадження інновацій,

забезпечуючи стабільність, передбачуваність і довіру до нових технологій [154].

Для ефективного розвитку цифрових фінансових послуг необхідна взаємодія низки ключових факторів: 1) Регуляторне середовище: наявність чітких правових рамок є фундаментом для безпечного функціонування фінансових технологій. Наприклад, у Європейському Союзі платіжна директива PSD2 (Payment Services Directive 2) та регулювання криптоактивів MiCA (Markets in Crypto-Assets) створюють умови для розвитку інновацій, одночасно гарантуючи захист споживачів і стабільність фінансової системи [92; 93]. 2) Технологічна інфраструктура: доступність високошвидкісного інтернету та сучасних обчислювальних можливостей є критично важливою для безперебійної роботи цифрових фінансових сервісів. Без належної інфраструктури впровадження таких технологій, як онлайн-банкінг чи блокчейн-платформи, стає неможливим [196]. 3) Рівень довіри до цифрових фінансів: довіра споживачів до технологій, таких як цифрові платежі, онлайн-банкінг чи криптовалюти, відіграє ключову роль у їхньому масовому прийнятті, адже без достатнього рівня довіри інноваційні рішення залишаються маргінальними [196]. Таким чином, інституціональна економіка пояснює як взаємодія формальних і неформальних інститутів формує розвиток фінансових технологій в контексті цифровізації. Подальший розвиток цифровізації фінансів залежить від регуляторного середовища, технологічної інфраструктури та рівня довіри споживачів.

Проведений огляд теоретико-методологічної основи підтверджує, що цифровізація фінансів є не лише технологічним процесом, а й глибокою структурною трансформацією, яка охоплює одночасно інституційну, регуляторну, інфраструктурну та поведінкову площини функціонування фінансової системи. Розкрито, що сучасна цифрова парадигма формується через поєднання таких елементів, як децентралізація, автоматизація, інтеграція алгоритмів ШІ та розбудова цифрової інфраструктури. Узагальнено основні теоретичні моделі – технологічних хвиль, економіки платформи та

інституціонального підходу – як основу для подальшої діагностики впливу цифровізації на глобальні фінансові процеси. Виявлення цих тенденцій створює основу для формування нової дослідницької рамки, яка поєднує концептуальні підходи з емпіричною оцінкою, такий підхід забезпечує цілісне бачення цифрової трансформації як рушія інновацій, інклюзії та реструктуризації міжнародних фінансових ринків і є логічним підґрунтям для подальшого вивчення основних рушіїв цифровізації у наступному підрозділі.

1.2. Основні рушії цифровізації фінансових ринків та інституцій

У цьому підрозділі здійснюється ґрунтовний аналіз ключових рушіїв цифрової трансформації фінансових ринків і інституцій, що зумовлюють глибокі зміни в архітектурі глобальної фінансової системи. Метою є виявити системо утворювальні фактори – економічні, технологічні, політичні та регуляторні – які формують умови для впровадження інновацій у сфері фінансів та визначають нерівномірність цифрового розвитку між країнами. У фокусі дослідження перебувають явища фінансової глобалізації, прискореної інституційної адаптації, поширення ФінТех-рішень, кризових каталізаторів, а також вплив сучасних технологій – таких як блокчейн, ШІ, цифрові валюти та великі масиви дані. Підрозділ має продемонструвати, як у взаємодії цих чинників виникають нові моделі фінансової поведінки, трансформуються канали капіталу, змінюється логіка регулювання та зростає роль держави й транснаціональних платформ у формуванні цифрових ринкових структур.

Цифровізація фінансових ринків та інституцій є наслідком складної взаємодії економічних, технологічних і політичних чинників, що формують сучасний фінансовий ландшафт. В статті В. Міщенко (2022) підкреслює, що цифровізація економіки виступає не лише як технологічна модернізація, а як стратегічний інструмент трансформації продуктивних сил, що змінює характер економічних взаємодій і формує нову цифрову інституціональну систему [21]. Цей процес зумовлений низкою ключових тенденцій, які

впливають на функціонування фінансових систем на глобальному рівні. По-перше, глобалізація фінансових ринків у поєднанні з наслідками фінансових криз значно посилила потребу в розробці та впровадженні швидких, прозорих і гнучких рішень, здатних адаптуватися до мінливих умов. Ці фактори стимулювали пошук нових підходів до управління фінансовими операціями та взаємодії з учасниками ринку [42; 113; 147]. По-друге, важливу активну роль відіграють регуляторні органи і державні інституції, адже завдяки цілеспрямованим регуляторним ініціативам і підтримці цифрових технологій на державному рівні створюється сприятливе середовище для інтеграції інноваційних рішень у фінансовий сектор. Такі заходи сприяють підвищенню ефективності та стабільності фінансових інституцій [41; 204; 205]. По-третє, значний внесок роблять ФінТех-компанії у трансформацію фінансового сектору, ці суб'єкти не лише формують нову ринкову динаміку, але й суттєво змінюють традиційні моделі взаємодії з клієнтами, пропонуючи сучасні технологічні рішення, що відповідають актуальним запитам ринку [41; 113]. Нарешті, визначальну роль у формуванні майбутнього фінансових систем відіграють новітні технологічні тренди, серед них особливе місце посідають ШІ та машинне навчання, блокчейн та цифрові активи, аналітика великих масивів даних та децентралізовані фінанси. Ці інновації не лише оптимізують існуючі процеси, але й закладають підґрунтя для створення якісно нового ландшафту глобальної фінансової системи [24]. Таким чином, цифровізація фінансових ринків та інституцій є багатогранним процесом, який інтегрує економічні, технологічні та політичні аспекти, створюючи умови для стійкого розвитку та модернізації фінансового сектору в глобальному контексті.

Фінансова глобалізація є одним із основних рушіїв, що активізував процес цифровізації на фінансових ринках. Цей процес, будучи одним із ключових факторів, що стимулюють цифровізацію фінансового сектору, призвів до значного розширення міжнародної торгівлі, збільшення обсягів фінансових потоків і загострення конкуренції між фінансовими інституціями. Як результат, з'явилася потреба у швидких, ефективних і економічно вигідних

фінансових інструментах, що стало поштовхом до бурхливого розвитку ФінТех індустрії та цифрових банківських послуг [24; 41; 42]. Основними аспектами впливу глобалізації на цифровізацію фінансів є зростання обсягів міжнародних транзакцій, розвиток міжнародних цифрових платформ, виникнення регіональних фінансових центрів. Транскордонні платежі та перекази стали невід'ємною частиною глобальної економіки, згідно до даних Світового банку, у 2024 році загальний обсяг міжнародних грошових переказів мав скласти приблизно \$905 млрд [166]. Такий значний обсяг фінансових потоків сприяв популяризації цифрових платіжних сервісів, таких як SWIFT gpi (системи міжбанківських розрахунків), RippleNet (провідний постачальник транскордонних платежів та рішень для зберігання цифрових активів на базі стейблкоїнів) та Wise (онлайн-система міжнародних грошових переказів із прямою конвертацією валют за нефіксованим курсом). Ці платформи забезпечують швидкі, прозорі та економічно вигідні операції, що робить їх незамінними в умовах глобалізації [16]. Міжнародні цифрові фінансові компанії (платформи), такі як PayPal, Revolut і Binance, активно використовують цифрові технології для обслуговування клієнтів у десятках країн. Ці платформи дозволяють здійснювати миттєві транзакції, значно знижуючи операційні витрати, завдяки цьому вони стали привабливими для користувачів по всьому світу, сприяючи подальшій цифровізації фінансових послуг [16]. Цифрові фінансові рішення відіграли важливу роль у формуванні нових фінансових хабів, таких як Сінгапур, Дубай і Лондон, де активно розвиваються ФінТех-рішення та цифрові валюти, що підкреслює їхнє значення у глобальній фінансовій системі. Глобалізація сприяла концентрації інновацій у цих регіонах, зміцнюючи їх позиції як лідерів у цифровій економіці [35; 60]. Глобалізація фінансових ринків стала каталізатором цифровізації фінансового сектору, створивши умови для розвитку нових технологій і сервісів. Збільшення обсягів транзакцій, поява міжнародних цифрових платформ і формування регіональних фінансових центрів є ключовими проявами цього процесу. Усі ці зміни свідчать про те, що

цифровізація не лише відповідає потребам глобальної економіки, але й визначає її майбутній розвиток.

Таблиця 1.4

Взаємозв'язок між глобалізацією та цифровими фінансовими інструментами

Фактор глобалізації	Вплив на цифрові фінанси
Зростання обсягів торгівлі	Посилення попиту на швидкі, транскордонні платіжні рішення та розвиток глобальних фінтех-інфраструктури (SWIFT gpi, RippleNet)
Лібералізація фінансових ринків	Збільшення застосування децентралізованих фінансових інструментів, токенизованих активів і смарт-контрактів
Виникнення цифрових міжнародних компаній	Активізація попиту на цифрові банківські сервіси, віртуальні рахунки та мультивалютні гаманці
Глобальна конкуренція у сфері фінансових послуг	Стимулювання інновацій у фінансових технологіях (нейромережевий скоринг, аналітика великих даних, KYC/AML через ШІ)
Зростання цифрової мобільності населення	Масове впровадження мобільних платіжних систем, необанків і супердодатків (Revolut, Alipay, Monzo)
Поширення транснаціональних трудових потоків та фрілансу	Розвиток платформ для цифрових грошових переказів (Wise, Payoneer) та криптовалютних рішень для розрахунків без банківської інфраструктури
Інтеграція глобальних даних і платформ	Використання хмарних сервісів, блокчейн-реєстрів і API-інтерфейсів для взаємодії фінансових інституцій у реальному часі

Джерело: розроблено автором

В табл. 1.4. демонструє причинно наслідкові зв'язки які пояснюють вплив глобалізації на розвиток цифрових фінансових інструментів, демонструючи тісний взаємозв'язок між глобальними економічними змінами та інноваціями у фінансовій сфері. Відтак, збільшення обсягів міжнародної торгівлі створює потребу в ефективних і швидких способах здійснення платежів. Цей попит стимулює розробку та впровадження новітніх цифрових

фінансових технологій, які дозволяють прискорити транзакції та зробити їх більш доступними. З іншої сторони, глобалізація відкриває фінансові ринки для інвесторів, що сприяє активному застосуванню блокчейну та децентралізованих фінансових послуг – ці технології зменшують залежність від традиційних банківських структур, пропонуючи альтернативні, більш гнучкі та прозорі рішення для управління фінансами. Також, виникнення нових цифрових компаній відіграє ключову роль у розвитку фінансових технологій. Вони сприяють появі інноваційних продуктів і послуг, що розширюють спектр цифрових банківських сервісів, роблячи їх більш різноманітними та доступними для користувачів [24; 26]. Таким чином, глобалізація виступає каталізатором для трансформації фінансового сектору, стимулюючи розвиток цифрових інструментів, які відповідають сучасним економічним викликам.

Цифрова трансформація міжнародних фінансових ринків справді актуалізує проблему цифрової нерівності між країнами, що може поглибити наявні диспропорції у фінансовому розвитку. Відмінності у доступі до технологій, інфраструктури, кадрів та інвестиційних ресурсів створюють значний розрив між цифровими лідерами та аутсайдерами, особливо впливаючи на країни, що розвиваються. Показники цифрової готовності країн, такі як Network Readiness Index, слугують важливими орієнтирами у порівнянні темпів і якості трансформації національних економік. Відповідно до дослідження І. Шевченко з співавторами (2023) цифрова економіка справляє прямий вплив на частку ВВП, структуру споживчих витрат та інвестицій у цифрові технології, що демонструє високий рівень цифрової інтеграції у розвинених країнах [177]. Цифрова нерівність виникає через низку ключових факторів, які обмежують можливості країн повноцінно брати участь у процесі цифрової трансформації, до таких належать технологічна інфраструктура, кадровий потенціал та наявність інвестиційних ресурсів. Країни з розвинутою цифровою інфраструктурою, такою як високошвидкісний інтернет, хмарні технології та центри обробки даних,

мають переваги у впровадженні фінансових інновацій і залученні інвестицій. Водночас країни з недостатньо розвинутою інфраструктурою стикаються з труднощами в інтеграції до глобальних фінансових мереж. Успішна цифрова трансформація вимагає наявності кваліфікованих спеціалістів у сферах інформаційних технологій, аналітики даних і фінансових технологій. У країнах, де таких кадрів бракує, процес впровадження інновацій значно сповільнюється. Цифровізація потребує значних фінансових вкладень у дослідження, розробку та впровадження нових технологій. Країни з обмеженими ресурсами не можуть конкурувати з цифровими лідерами, які мають доступ до глобального капіталу [164]. У довгостроковій перспективі цифрова нерівність може мати серйозні наслідки для країн, що розвиваються, адже вона посилює фінансових диспропорцій, обмежує їх доступ до глобальних ринків, та призводить до залежності від цифрових країн-лідерів. Країни-аутсайтери ризикують залишитися осторонь глобальної фінансової системи через неспроможність використовувати сучасні цифрові інструменти, такі як цифрові валюти центральних банків (CBDC), криптовалюти чи децентралізовані платформи – це знижує їхню привабливість для інвесторів і обмежує участь у міжнародних фінансових операціях [17; 22]. Без належних цифрових інструментів компанії з країн, що розвиваються, втрачають можливість інтегруватися до міжнародних ланцюжків створення вартості, що послаблює їхню конкурентоспроможність. Країни, що розвиваються, можуть опинитися в ситуації, коли вони змушені покладатися на технології та платформи, створені розвиненими країнами, що підвищує ризик технологічної залежності та втрати контролю над власними фінансовими системами [164]. В таблиці 1.5 наведені відмінності між основними групами в характеристиках інтеграції цифровізації та потенційних викликів, що характерні для кожної групи.

Країни-лідери та аутсайдери цифрової трансформації у фінансах

Група країн	Характеристика цифрової інтеграції	Потенційні ризики
Лідери (США, Сінгапур, Південна Корея, ЄС)	Повноцінна екосистема ФінТех, CBDC, інновації в регулюванні	Кіберризика, регуляторні конфлікти
Перехідні економіки	Часткове впровадження цифрових рішень, імпорт технологій	Залежність від тех гігантів, нерівність у доступі
Аутсайдери (деякі країни Африки, Азії)	Відсутність інфраструктури, слабка інституційна база	Витіснення з глобальних фінансових ринків

Джерело: розроблено автором

Фінансові кризи виступають каталізаторами технологічних зрушень, активізуючи пошук нових інструментів і підходів у фінансовій сфері, зокрема стимулюючи розвиток цифрових технологій як засобу підвищення ефективності, прозорості та стійкості ринкової інфраструктури. Вони виявляють слабкі місця традиційних фінансових систем і прискорюють впровадження альтернативних технологій. Дві найбільші сучасні кризи – фінансова криза 2008 року та пандемія COVID-19 у 2020 році – стали визначальними подіями, що вплинули на розвиток цифрових технологій у фінансах, також кризи сприяли появі додаткових факторів, які посилили цифрову трансформацію сектору [42; 113].

Фінансова криза 2008 року стала поворотним моментом для фінансових технологій, виявивши недоліки централізованих банківських систем і стимулювавши пошук альтернативних рішень. Фінансова криза 2008 року підірвала довіру до централізованих банківських інституцій і спровокував пошук альтернативних рішень. Саме в цьому контексті у 2009 році з'явився Bitcoin, концепція якого була викладена у білій книзі С. Накамото. Цей документ не лише започаткував еру криптовалют, але й заклав підґрунтя для розвитку децентралізованих фінансів. Основою Bitcoin стала технологія

блокчейн – інноваційна система, що забезпечує прозорість, безпеку та автономність транзакцій, ключова особливість технології полягає у відсутності потреби в посередниках, таких як банки, що кардинально змінило уявлення про фінансові операції. Завдяки блокчейну довіра до технології замінила традиційну залежність від централізованих установ, ознаменувавши новий етап еволюції фінансових систем [151]. Глобальна фінансова криза 2008 року виявила вразливість банківської системи, що призвело до перегляду регуляторних підходів на міжнародному рівні. Одним із ключових результатів стало впровадження стандартів Базель III, які встановили жорсткіші вимоги до ліквідності, капіталізації та прозорості діяльності банків. Ці норми змусили фінансові установи адаптуватися до нових умов, зокрема через активне інвестування в цифрові технології. Такі інструменти, як автоматизовані системи моніторингу ризиків, управління активами та забезпечення відповідності регуляторним вимогам, стали необхідними для виконання стандартів і відновлення довіри до банківського сектору. Реформи, таким чином, не лише посилили контроль, а й стимулювали технологічний прогрес у фінансовій сфері [42]. Серед наслідків кризи можна виокремити наступні ефекти: обмеження доступу до кредитних ресурсів, банкрутство великих фінансових гравців і зростання витрат на дотримання регуляторних норм – це змусило фінансові установи шукати шляхи підвищення ефективності та зниження операційних витрат. У цьому процесі автоматизація стала стратегічним пріоритетом. Впровадження цифрових платформ для взаємодії з клієнтами, автоматизованих систем управління ризиками та аналітичних інструментів дозволило оптимізувати внутрішні процеси й покращити якість обслуговування. Такі заходи не лише сприяли економії ресурсів, але й відіграли важливу роль у відновленні довіри до фінансової системи, демонструючи здатність банків адаптуватися до складних економічних умов [11].

Інша масштабна криза, яка мала епідеміологічну основу, проте дуже суттєві економічні наслідки – пандемія COVID-19 стала значним поштовхом

до цифровізації фінансового сектору, зумовивши потребу в соціальному дистанціюванні та обмеженні фізичного доступу до банківських установ. Цей процес прискорив уже наявні тенденції та сприяв появі нових технологічних рішень у фінансовій сфері. Пандемія COVID-19 зумовила стрімке поширення безконтактних платіжних технологій, що стало одним із найпомітніших проявів прискореної цифрової трансформації фінансових сервісів у відповідь на нові соціальні та економічні обмеження. За даними звіту McKinsey, у 2020 році обсяг цифрових платежів у світі зріс на 40 %. Обмеження фізичних контактів підштовхнули банки та компанії до активного впровадження Фінтех-рішень: мобільні додатки для управління фінансами, електронні гаманці для швидких і зручних транзакцій, QR-платежі та NFC-технології, що дозволяють здійснювати безконтактні операції. Ці інструменти не лише допомогли зменшити фізичну взаємодію, але й зробили фінансові послуги зручнішими та доступнішими для користувачів [147; 148; 149]. Пандемія стала катализатором розвитку цифрових валют центральних банків, а отже зміни парадигми грошей, що певним чином описує С. Циганов (2023) надаючи теоретико-філософський підхід до осмислення феномену грошей, що розглядає їх не лише як економічний інструмент, а як концептуальну основу глобального фінансового порядку, що дозволяє глибше аналізувати взаємозв'язок між вартістю, етикою та інституційною організацією фінансів [190]. У 2020–2021 роках низка країн активізувала роботу в напрямі CBDC, Китай проводив масштабне тестування цифрового юаня, Європейський Союз запустив проект цифрового євро, такі країни, як Бразилія та Нігерія, почали активно досліджувати можливості розвитку даного напрямку. Що пояснюється тим що цифрові валюти центральних банків спрямовані на підвищення ефективності грошового обігу, зниження витрат на випуск готівки, посилення контролю за фінансовими потоками. Ці ініціативи стали відповіддю на зростаючий попит на цифрові активи, зберігаючи при цьому стабільність завдяки державній підтримці [43].

Слід також зазначити що цифровізація має двоїстий вплив на фінансову стабільність, одночасно сприяючи її зміцненню та створюючи нові вразливості. Відтак, нові технології, такі як великі масиви даних та ШІ, значно підвищують ефективність моніторингу ризиків. Аналітика великих даних дозволяє фінансовим інвестиціям і регуляторам швидше виявляти потенційні загрози, прогнозувати ринкові тенденції та реагувати на них. Водночас, новостворена цифрова інфраструктура підвищує вразливість фінансових систем до нових подразників: кіберзагрози, технічний збій чи маніпуляції ринками. Зростання обсягів цифрових транзакцій робить ринки привабливими цілями для кібератак, які можуть дестабілізувати як окремі фінансові інституції, так і окремі економіки. Залежність від складних цифрових систем означає, що навіть незначні помилки в програмному забезпеченні можуть призвести до значних фінансових втрат. Цифрові активи, через їхню відносну нерегульованість, стають інструментами для спекуляцій і шахрайства, що може підірвати довіру до фінансових ринків [13; 126].

Цифровізація змінює природу взаємопов'язаності між фінансовими учасниками, створюючи нові форми взаємозалежності через цифрові канали. Традиційні моделі оцінки системних ризиків, які зосереджувалися на банківському секторі та класичних фінансових інструментах, стають недостатніми через появу розподілених фінансових екосистем (таких як децентралізовані фінанси), зростання технологічної взаємозалежності та дисгармонії глобально-локального балансу (співставлення міжнародних стандартів та локальних особливостей) [100]. Цифрові платформи та Фінтех-компанії, створюючи нові канали інтернаціоналізації капіталу, одночасно сприяють інноваціям і ускладнюють регулювання фінансових ринків, що призводить до загрози фінансової фрагментації. З іншого боку, цифровізація змінює динаміку фінансової стабільності, пропонуючи інструменти для більш ефективного управління ризиками, але водночас підвищуючи вразливість до кіберзагроз і технічних збоїв. Усе це вимагає системного переосмислення підходів до регулювання та оцінки ризиків, щоб забезпечити стійкість

фінансових ринків у цифрову еру [12]. В таблиці нижче представлено співставлення трансформаційних змін цифровізації на глобальну економіку.

Таблиця 1.6

Основні макроекономічні трансформації під впливом цифровізації

Напрямок впливу	До цифровізації	Після цифровізації
Грошово-кредитна політика	Контроль через ключові ставки та емісію	Необхідність адаптації до CBDC, криптоактивів
Валютна стабільність	Залежна від центробанків	Дестабілізується через приватні цифрові валюти
Глобальна фінансова інтеграція	Заснована на SWIFT, МВФ, стандартних інструментах	Дробиться між платформами, токенизованими активами
Участь країн у фінансових потоках	Визначається інституційною готовністю	Визначається цифровою інфраструктурою та регуляцією

Джерело: розроблено автором

Одним із ключових наслідків цифрової трансформації стало масове перенесення банківських операцій в онлайн-середовище, що змінило формат взаємодії між фінансовими установами та споживачами послуг. Значна частина фінансових послуг – від відкриття рахунків до оформлення іпотечних кредитів – перейшла в цифровий формат. Це вимагало від банків по перше, швидкої адаптації систем до нових умов, по друге, масштабування інфраструктури для підтримки онлайн-сервісів, по третє, впровадження таких технологій, як відео-ідентифікація, електронний підпис та хмарні сервіси. Такі зміни забезпечили безперебійність роботи під час пандемії та заклали фундамент для майбутнього розвитку цифрових фінансових послуг [113].

Також, варто перелічити додаткові аспекти, що сприяли розвитку фінансових технологій. Окрім прямого впливу криз 2008 і 2020 років, низка факторів посилила цифрову трансформацію фінансового сектору. Зміна споживчих уподобань та поведінки – під час криз люди шукають зручніші,

швидші та безпечніші способи управління фінансами. Це призвело до зростання попиту на цифрові рішення, такі як мобільні банківські додатки та онлайн-консультації. Поява нових бізнес-моделей, в рамках яких фінансові компанії адаптуються до змін, впроваджуючи альтернативні підходи, як-от краудфандинг, P2P-кредитування та необанки. Ці моделі підвищують доступність і гнучкість фінансових послуг. Інтеграція ШІ та аналізу великих масивів даних: Технології ШІ та великих даних покращують кредитний скоринг, виявлення шахрайства та персоналізацію послуг. Це дозволяє фінансовим установам знижувати ризики та підвищувати ефективність. Розвиток регуляторних технологій (RegTech): зростання регуляторних вимог під час криз стимулює появу технологій, які автоматизують дотримання нормативів. RegTech знижує витрати та підвищує операційну ефективність. Підвищення фінансової інклюзії: Цифрові технології відкривають доступ до банківських послуг для раніше незалучених верств населення, особливо в країнах, що розвиваються, через мобільні платформи. Розвиток кібербезпеки: Зі збільшенням цифровізації зростає потреба в захисті даних і транзакцій. Це стимулює інновації у сфері кібербезпеки, щоб забезпечити безпеку фінансових операцій [41; 95; 90].

Цифровізація фінансового сектору значною мірою зумовлена цілеспрямованими регуляторними ініціативами та активною підтримкою з боку державних інституцій. Серед ключових регуляторних механізмів, що стимулюють цей процес, варто виокремити законодавство про відкритий банкінг, захист персональних даних та регулювання цифрових валют. PSD2 (Revised Payment Services Directive) - ухвалена в Європейському Союзі у 2018 році, ця директива стала важливим етапом у розвитку відкритого банкінгу. Вона надала стороннім фінансовим сервісам можливість отримувати доступ до банківських даних користувачів через API, що сприяло розширенню цифрових фінансових послуг [92]. GDPR (General Data Protection Regulation) - запроваджений у 2018 році в ЄС Загальний регламент про захист даних посилив вимоги до безпеки персональних даних у фінансовій сфері. Це

стимулювало розробку нових цифрових сервісів, які відповідають високим стандартам захисту інформації [94]. CBDC (Central Bank Digital Currencies) - починаючи з 2020-х років, низка центральних банків розпочала роботу над створенням цифрових валют для їх інтеграції в офіційні фінансові системи. Наприклад, Китай активно тестує цифровий юань, а Європейський центральний банк досліджує перспективи впровадження цифрового євро [44; 179].

Таблиця 1.7

Основні регуляторні ініціативи, що вплинули на цифрові фінанси

Ініціатива	Рік запровадження	Основний вплив
PSD2	2018	Відкритий банкінг, нові фінансові послуги
GDPR	2018	Захист персональних даних, безпека фінансових платформ
CBDC	2020	Офіційні цифрові валюти, посилення контролю над фінансами

Джерело: складено автором на основі [92, 94, 44]

Регуляторні ініціативи суттєво трансформували фінансову екосистему, забезпечивши: інтеграцію цифрових рішень у банківську систему, що підвищило ефективність і доступність фінансових послуг; розвиток відкритого банкінгу та API, які відкрили нові можливості для фінтех-компаній, посилення захисту персональних даних у цифрових фінансах, що сприяло зростанню довіри користувачів до інноваційних технологій [204]. Таким чином, цифровізація фінансів є складним процесом, що формується під впливом кількох факторів: глобалізації ринків, наслідків фінансових криз та цілеспрямованого державного регулювання. Фінансові кризи підштовхнули до розвитку децентралізованих рішень, тоді як регуляторні ініціативи створили підґрунтя для впровадження відкритого банкінгу та цифрових валют. Глобалізація, своєю чергою, виступила каталізатором міжнародних цифрових фінансових потоків, спонукаючи фінансові установи активно адаптувати інноваційні рішення до нових реалій. Таким чином, цифровізація економіки

виступає не лише як технологічна модернізація, а як стратегічний інструмент трансформації продуктивних сил, що змінює характер економічних взаємодій і формує нову цифрову інституціональну систему [33].

Вагомим рушієм цифровізації фінансового сектору став Фінтех який ліг в основу змін моделей міжнародних фінансових ринків. Фінтех-компанії радикально трансформували традиційні бізнес-моделі у фінансовій сфері, зробивши фінансові послуги більш доступними, ефективними та персоналізованими. Їхні інновації охоплюють ключові напрями, такі як банківська справа, кредитування, інвестиції та страхування [41; 42]. Банківська справа – цифрові банки, такі як повністю відмовилися від фізичних відділень, замінивши їх зручними мобільними додатками. Ці додатки пропонують розширений функціонал для здійснення транзакцій, обліку витрат і управління фінансами. Такі банки працюють за моделлю "banking-as-a-service", що дозволяє інтегрувати фінансові послуги в сторонні додатки через API (Інтерфейс програмування застосунків). Це забезпечує швидкість і зручність операцій для користувачів, усуваючи потребу в традиційних банківських установах [5; 24]. Кредитування – платформи Peer-to-Peer (P2P) кредитування, змінили підхід до надання позик, скоротивши залежність від банківських посередників. Вони дозволяють фізичним особам напряду кредитувати один одного, використовуючи алгоритми для аналізу ризиків і альтернативні моделі скорингу. Завдяки цьому кредити стали доступнішими для ширшого кола людей, включно з тими, хто раніше не міг отримати фінансування через традиційні банки. Інвестиції – робо помічники, автоматизували процес інвестування за допомогою алгоритмів машинного навчання. Інвестиційні інститути пропонують персоналізовані фінансові рекомендації, балансування портфелів і оптимізацію ризиків, що робить інвестування простим і доступним навіть для початківців без глибоких знань у фінансах, отже знижується поріг входу на ринок інвестицій. Торгівля та комерція – у контексті цифровізації глобальної економіки цифрова торгівля перетворюється на ключовий драйвер міжнародного фінансового обміну,

оскільки забезпечує нові канали інтеграції, підвищує доступність ринків і дозволяє малим підприємствам брати участь у глобальних ланцюгах створення вартості [25]. Страхування – insurTech-компанії, застосовують ШІ і великі масиви дані для оцінки ризиків і автоматизації процесів страхування, що дозволяє формувати динамічні страхові тарифи, які залежать від поведінки клієнтів та їхньої історії транзакцій [34].

Таблиця 1.8

Вплив Фінтех на основні фінансові сегменти

Сектор	Ключові зміни
Банківська справа	Зменшення фізичних відділень, впровадження цифрових банків, API-банкінг
Кредитування	Автоматизація оцінки кредитоспроможності, P2P-платформи, альтернативні моделі скорингу
Інвестиції	Робо-адвайзери, безкомісійні торгові платформи, машинне навчання в управлінні активами
Торгівля	Цифрові платежі - транзакції, онлайн майданчики, аналітика великих масивів даних, ШІ
Страхування	ШІ-оцінка ризиків, автоматизоване управління виплатами, аналітика великих масивів даних

Джерело: розроблено автором

Фінтех-інновації кардинально змінюють фінансову сферу, роблячи її більш гнучкою, технологічно розвиненою та орієнтованою на потреби клієнтів. Завдяки цифровим банкам, P2P-платформам, робо-консультантам та InsurTech-компаніям фінансові послуги стають доступнішими, ніж будь-коли раніше, а процеси – швидшими та ефективнішими. Ці зміни сприяють трансформації традиційних бізнес-моделей і відкривають нові можливості для користувачів у всьому світі.

Серед ключових детермінант цифрової трансформації фінансової сфери вирізняються технологічні тренди, які визначають траєкторію її подальшого розвитку та змінюють підходи до організації фінансових процесів. Сучасний фінансовий ландшафт зазнає глибоких трансформацій завдяки інноваційним

технологіям, серед яких провідну роль відіграють блокчейн та ДеФі. Ці технології відкривають шлях до створення нової фінансової екосистеми, що виключає традиційних посередників, підвищує прозорість і гарантує безпеку операцій. Завдяки блокчейну з'являються нові фінансові інструменти та платформи, які докорінно змінюють усталені підходи до таких процесів, як кредитування, обмін активами та управління капіталом [204].

У контексті поширення технології блокчейн визначаються основні напрями трансформації фінансової сфери, які стосуються підвищення прозорості, децентралізації процесів, зміни механізмів верифікації транзакцій та появи нових фінансових інструментів. Цифрові валюти, такі як Bitcoin і Ethereum, утвердилися як ефективні засоби для накопичення, інвестування та здійснення транзакцій. Їхня ключова перевага полягає в автономії від державних фінансових установ, що забезпечує користувачам незалежність і свободу вибору [62; 205]. Платформи ДеФі надають можливості для кредитування, обміну активами та управління фінансами без залучення традиційних банківських інституцій. Основою їхнього функціонування є смарт-контракти, які автоматизують угоди, підвищуючи їхню ефективність і надійність [152; 26]. Смарт-контракти являють собою програмовані угоди, що виконуються автоматично за заданими умовами без участі посередників. Їхнє застосування охоплює широкий спектр сфер, включно зі страхуванням, кредитуванням і логістикою, що сприяє зниженню витрат і підвищенню прозорості [205]. Технологія блокчейну дає змогу трансформувати фізичні активи, такі як нерухомість або цінні папери, у цифрові токени, зокрема унікальні NFT. Це відкриває нові перспективи для інвесторів, підвищуючи ліквідність і доступність активів на глобальному ринку [62; 16]. Переваги та виклики що супроводжують технологію блокчейн для світу фінансів представлені у вигляді співставлення в таблиці 1.9.

Переваги та виклики блокчейн-технологій у фінансах

Переваги	Виклики
Відсутність посередників	Регуляторна невизначеність
Підвищена безпека	Проблеми масштабованості
Зниження витрат на транзакції	Ризики шахрайства
Відкритість і прозорість	Обмежена інтеграція з традиційними фінансами

Джерело: складено автором

Технології блокчейн і ДеФі виступають ключовими каталізаторами змін у фінансовій сфері, пропонуючи децентралізовані, прозорі та економічно вигідні фінансові рішення. Вони не лише переосмислюють традиційні фінансові моделі, але й сприяють демократизації доступу до фінансових послуг, створюючи підґрунтя для розвитку цифрової економіки майбутнього [15].

Проведений аналіз доводить, що цифровізація фінансових ринків є результатом багатовекторної взаємодії глобалізаційних викликів, інституційних адаптацій, інноваційних проривів і кризових імпульсів, що функціонують як каталізатори структурних змін. Встановлено, що глобальна конкуренція, розвиток фінансових хабів, активізація цифрових трансакцій і поширення CBDC створюють нові виклики та можливості для фінансових інституцій, посилюючи тренд до цифрової інклюзії з одного боку, та ризик технологічної нерівності – з іншого. З'ясовано, що цифрова трансформація має подвійний ефект: вона водночас підвищує ефективність і прозорість фінансових операцій, але створює нові вразливості – кіберризик, фрагментацію регулювання, залежність від цифрових платформ. Узагальнення рушіїв цифровізації дозволяє глибше осмислити динаміку трансформацій фінансових інституцій і закладає основу для наступного етапу дослідження – аналізу ролі ШІ як ключового аналітичного інструменту в новій архітектоніці цифрових фінансів.

1.3. Машинне навчання та великі масиви дані як ключові інструменти аналітики й трансформації фінансових ринків та інституцій

В У рамках цього підрозділу досліджено роль машинного навчання як стратегічної рушійної сили цифрової трансформації міжнародних фінансових ринків та інституцій. Метою є обґрунтування використання алгоритмів машинного навчання, нейронних мереж і аналітики великих даних як ефективних інструментів у вирішенні прикладних завдань фінансового управління – від скорингу та інвестування до прогнозування ринкової волатильності й запобігання шахрайству. Підрозділ розкриває, як інструменти глибокого навчання, включно з RNN, LSTM, Transformers, дозволяють здійснювати аналіз часових рядів і моделювання складних ринкових взаємозв'язків, що раніше не піддавалися формалізації. Крім того, проаналізовано використання ШІ у високочастотній торгівлі, консультуванні (робо-адвайзери) та страхуванні що ілюструє універсальність цієї технології у всіх сегментах фінансового сектора.

Цифровізація фінансових ринків спричинила значне зростання обсягів даних, які генеруються в реальному часі. Фінансові установи стикаються з величезними масивами інформації, що вимагають нових підходів до обробки та аналізу. Технології великих даних стають незамінними для зберігання й управління цими обсягами, які включають цифрові транзакції, поведінку користувачів та ринкові тенденції. Адаптивні моделі, такі як машинне навчання, відіграють ключову роль, адже здатні навчатися на нових даних і пристосовуватися до змінних умов ринку. Водночас автоматизовані системи, зокрема на базі ШІ, прискорюють обробку транзакцій і підвищують безпеку, що є критично важливим у фінансовому секторі. Таким чином, цифровізація створює потребу в інноваційних інструментах – великих даних, адаптивних моделей і автоматизованих систем – для ефективного аналізу та управління фінансовими даними [163; 46].

ШІ і машинне навчання не є просто модними технологіями, а виступають системними елементами трансформації цифрових фінансів. У фінансових установах машинне навчання застосовується для прогнозної аналітики, що покращує точність прийняття рішень і оптимізує інвестиційні стратегії. Це свідчить про глибоку інтеграцію ШІ та машинного навчання у ключові процеси, роблячи їх невід'ємною частиною стратегічного розвитку. Ці технології перетворюють інформаційні системи на більш інтелектуальні, забезпечуючи не лише автоматизацію, а й стратегічні інсайти. Завдяки цьому фінансові установи можуть адаптуватися до динамічних ринкових умов і зберігати конкурентоспроможність. Отже, ШІ та машинне навчання є фундаментальними інструментами, що системно трансформують цифрові фінанси [163; 46].

Методи машинного навчання є відповіддю на потребу обробки великих обсягів, високої швидкості та складності цифрових даних у фінансовому секторі. Машинне навчання використовується для аналізу величезних масивів даних у прогнозній аналітиці, дозволяючи розшифровувати складні фінансові тенденції. Ці методи прискорюють транзакції та вдосконалюють процеси прийняття рішень, що є важливим для роботи з даними в реальному часі. Крім того, машинне навчання дає змогу передбачати майбутні тенденції на основі історичних даних, що вимагає обробки значних обсягів інформації для забезпечення точних прогнозів. Таким чином, методи машинного навчання виникли як реакція на виклики, пов'язані з обсягом, швидкістю та складністю цифрових даних, стаючи ключовими для їх ефективної обробки у фінансовій сфері [163].

ШІ набуває дедалі більшого значення у сфері фінансових ринків, забезпечуючи можливості для аналітики, прогнозування та автоматизації торговельних процесів. Завдяки своїй здатності обробляти значні обсяги даних, ШІ виявляє приховані патерни, що робить його важливим елементом сучасних фінансових систем [163: 187]. До основних сфер де використовується ШІ у фінансах відносяться: 1) Алгоритмічна торгівля (HFT) - високочастотна

торгівля, яка здійснює мільйони транзакцій за секунду, застосовуючи математичні моделі та технології машинного навчання для вдосконалення торговельних стратегій [76]. 2) Нейромережевий аналіз ринків, де ШІ обробляє великі масиви ринкової інформації, що дає змогу передбачати майбутні зміни цін і виявляти аномальні явища на ринку. Робо-консультанти – автоматизовані платформи фінансового консультування, які підлаштовуються під індивідуальні потреби інвесторів і пропонують персоналізовані поради щодо управління капіталом. 3) ШІ-асистенти у банківській справі - являють собою Чат-ботів, які автоматизують взаємодію з клієнтами, надаючи відповіді на їхні запитання та підтримку під час фінансових операцій [181].

Таблиця 1.10

Вплив ШІ на міжнародні фінансові ринки

Технологія	Застосування
Нейромережі	Прогнозування цін на активи
НФТ	Високочастотна торгівля
Робо-адвайзери	Автоматизація інвестицій
Чат-боти	Обслуговування клієнтів у банках

Джерело: складено автором

Таким чином, ШІ відіграє ключову роль у трансформації фінансових ринків, підвищуючи їхню ефективність і адаптивність до сучасних умов. Завдяки автоматизації процесів і поглибленому аналізу даних, ШІ створює нові перспективи для інвесторів і фінансових організацій, сприяючи розвитку цифрової економіки.

У сучасних умовах цифрової трансформації фінансових систем технологія обробки великих масивів даних виступає одним із найпотужніших рушіїв структурних змін. Саме великі масиви даних забезпечують базову інфраструктурну основу для реалізації більшості інноваційних рішень у сфері фінансів – від автоматизованого аналізу ризиків до персоналізованих інвестиційних стратегій. Швидкість обробки інформації, здатність до

адаптивного навчання та глибока аналітика дозволяють використовувати великі дані як ефективний інструмент для побудови фінансових рішень нового покоління. Основні напрями використання великих масивів даних у фінансовому секторі можна розділити на три напрями: аналітика шахрайських транзакцій, автоматизоване управління ризиками, автоматизоване управління ризиками, оптимізація інвестиційних портфелів. Фінансові установи, зокрема банки та електронні платіжні системи, активно впроваджують технології обробки великих даних для побудови моделей поведінки клієнтів. На основі машинного навчання створюються алгоритми, здатні ідентифікувати нетипові операції, які можуть свідчити про фінансове шахрайство. Наприклад, системи миттєво блокують транзакції, які виходять за межі звичних шаблонів користувача, що істотно знижує рівень зловживань [37; 50]. В умовах зростання обсягів фінансових операцій та підвищеної волатильності ринків зростає потреба у точній оцінці ризиків. Системи на основі великих масивів даних дозволяють фінансовим організаціям аналізувати історію транзакцій, кредитну поведінку та інші релевантні фактори для ухвалення зважених рішень щодо кредитування, страхування або інвестування [159]. Алгоритми ШІ в поєднанні з великими масивами даних забезпечують можливість моделювання сценаріїв розвитку ринку, прогнозування прибутковості активів та оптимального розподілу капіталу між інструментами з різним рівнем ризику. Такі підходи дозволяють не лише підвищити дохідність портфеля, але й забезпечити його більшу стабільність за умов ринкової нестабільності [146]. Підсумовуючи, великі дані формують нову парадигму функціонування фінансової системи, де прийняття рішень дедалі частіше базується на алгоритмічному аналізі та прогнозних моделях, а не виключно на експертному судженні.

У контексті стрімкої цифровізації фінансових ринків кібербезпека набуває статусу системо утворювального елементу сучасної фінансової інфраструктури. Розширення використання цифрових каналів, хмарних сервісів, мобільного банкінгу, а також технологій ДеФі зумовлює нові вимоги

до захисту даних, транзакцій та ідентифікації користувачів. Як наслідок, розбудова комплексної системи кіберзахисту стала критично важливою умовою сталого функціонування фінансових установ у цифрову епоху. Основні напрями розвитку кібербезпеки у фінансовому секторі охоплюють: шифрування та захист даних, біометрична аутентифікація, аналіз кіберзагроз у реальному часі, шифрування та захист даних. Використання протоколів шифрування SSL/TLS забезпечує безпеку передачі конфіденційної інформації в онлайн-режимі, водночас, технологія блокчейн гарантує незмінність і прозорість записів у розподілених реєстрах, що є особливо важливим для транзакцій з криптоактивами. На більш перспективному рівні розглядається квантове шифрування, яке здатне забезпечити радикально новий рівень захисту від перехоплення інформації, що особливо актуально для довгострокового збереження фінансових даних [50]. Фінансові установи активно впроваджують біометричні методи ідентифікації, які суттєво підвищують рівень безпеки при вході до системи або підтвердженні транзакцій. Найпоширенішими є розпізнавання обличчя, відбитки пальців та верифікація голосу. Біометричні параметри неможливо відтворити або підробити в такий самий спосіб, як паролі чи ПІН-коди, що мінімізує ризики несанкціонованого доступу [78]. Застосування систем на основі ШІ дозволяє фінансовим організаціям автоматично виявляти, класифікувати та нейтралізувати потенційні кіберзагрози ще до того, як вони завдадуть шкоди. Наприклад, платформи Darktrace використовують алгоритми машинного навчання для виявлення аномалій у мережевій поведінці, а IBM Watson Security інтегрує ШІ-аналіз у комплексні стратегії кіберзахисту. Такі рішення дозволяють реалізовувати принципи превентивної безпеки та адаптивного реагування на інциденти [78]. Відтак, розвиток кібербезпеки є не лише технічним викликом, а й стратегічним пріоритетом цифрового фінансового середовища. Його ефективна реалізація потребує міждисциплінарного підходу, включаючи інноваційні технології, правове регулювання та підвищення цифрової грамотності користувачів.

Основні технології великих масивів даних та кібербезпеки у фінансах

Технологія	Сфера застосування	Опис функціоналу	Приклади
Аналітика великих масивів даних	Управління ризиками, виявлення шахрайства, прогнозування ринку	Обробка великих обсягів транзакційних та поведінкових даних для виявлення патернів та відхилень	SAS, Palantir, Google BigQuery
Машинне навчання та ШІ	Автоматизоване прийняття рішень, управління портфелями	Використання алгоритмів для навчання на основі даних, що дозволяє оптимізувати кредитування, інвестиції та скоринг	IBM Watson, DataRobot, H2O.ai
Біометрична аутентифікація	Ідентифікація клієнтів, підтвердження транзакцій	Верифікація користувачів за фізіологічними або поведінковими ознаками	Apple Face ID, Google Voice Match, Touch ID
ШІ для аналізу загроз	Виявлення кібератак у реальному часі, аналітика безпеки	Виявлення аномалій та автоматизоване реагування на підозрілі дії або вторгнення в інформаційні системи	Darktrace, Vectra AI, IBM QRadar
Технологія блокчейн	Захист даних, прозорість транзакцій, ДеФі	Забезпечення децентралізованого зберігання записів, які не можна підробити або змінити без сліду	Ethereum, Hyperledger Fabric, RippleNet
Квантове шифрування	Передача критичних фінансових даних, захист конфіденційності	Розробка стійких до злому криптографічних протоколів, які унеможливають перехоплення повідомлень у майбутньому	QKD-системи, Quantum Xchange
Регуляторні технології	Дотримання нормативних вимог, автоматизація звітності	Інструменти, що забезпечують відповідність фінансових установ до стандартів регулювання в режимі реального часу	Clausematch, ComplyAdvantage

Джерело: розроблено автором [78]

Підсумовуючи розглянуті технологічні напрямки, можна констатувати, що цифрова трансформація фінансів визначається інтеграцією низки

взаємопов'язаних інновацій, кожна з яких виконує стратегічну функцію в забезпеченні стійкості, ефективності та безпеки фінансових систем. Блокчейн і ДеФі змінюють фундаментальні принципи взаємодії між учасниками ринку, сприяючи дезінтермедіації та посиленню прозорості. ШІ і великі масиви даних трансформують механізми аналітики, ризик-менеджменту й інвестування, підвищуючи точність і швидкість ухвалення рішень. Водночас, стрімке впровадження цифрових технологій супроводжується зростанням кіберзагроз, що вимагає створення багаторівневих систем захисту на основі передових методів шифрування, біометрії та ШІ-аналізу в реальному часі. Таким чином, саме комплексне поєднання блокчейну, ШІ, великих масивів даних і кібербезпеки формують нову архітектуру фінансів ринків та інституцій майбутнього, в якій інновації стають основою нової моделі фінансової стійкості, доступності й транспарентності.

Використання ШІ та машинного навчання у фінансовому прогнозуванні дозволяє автоматизувати аналіз ринку, знижуючи вплив людського фактора та покращуючи точність прогнозів. Класифікація та регресія: Random Forest – ансамблевий метод, що використовується для передбачення руху ціни на основі історичних рядів [55]. XGBoost (Extreme Gradient Boosting) – популярний метод бустингу дерев рішень, який демонструє високу точність у фінансовому прогнозуванні [67]. В рамках глибокого навчання для роботи з часовими рядами виділяють: Recurrent Neural Networks (RNN) – здатні обробляти послідовності даних, проте схильні до проблеми зникнення градієнта [158]; Long Short-Term Memory (LSTM) – удосконалена версія RNN, яка дозволяє ефективно запам'ятовувати довготривалі залежності в даних [102]; Transformers – сучасна архітектура глибокого навчання, яка забезпечує покращене прогнозування часових рядів завдяки механізму самоуваги [143].

Серед генеративних моделей для фінансового прогнозування: Wasserstein GAN (WGAN) – використовується для генерації реалістичних фінансових часових рядів [40]; Conditional GAN (CGAN) – дозволяє генерувати синтетичні фінансові дані з урахуванням додаткових факторів чи

метрик[150]; TimeGAN – спеціалізована GAN-архітектура для роботи з часовими рядами, що комбінує автоенкодер та рекурентні нейронні мережі для кращого захоплення ринкових патернів [201]. Часові ряди відіграють ключову роль у фінансовому аналізі, оскільки більшість фінансових змінних є часовими послідовностями, що мають складні нелінійні залежності та стохастичні характеристики. Використання математичних методів та машинного навчання дозволяє прогнозувати ціни активів, волатильність ринку та загальні тенденції, що дає змогу аналітикам та інвесторам приходити до обґрунтованих рішень [59].

Стохастичні моделі прогнозування є одним із найпоширеніших підходів у фінансовій аналітиці. Вони базуються на аналізі історичних часових рядів та виявленні закономірностей у поведінці фінансових інструментів. До таких моделей відносять: ARIMA – метод прогнозування часових рядів, що поєднує авторегресійні (AR) процеси, інтеграцію (I) та MA. ARIMA була розроблена в роботах Г. Е. П. Боксом та Дж. М. Дженкінсом (1970), які заклали фундамент для аналізу часових рядів [52], у подальших дослідженнях П. Дж. Бруквел і Р. А. Девіс (1991) запропонували удосконалені версії ARIMA для моделювання фінансових даних [58]; GARCH – модель, що використовується для оцінки волатильності фінансових ринків, модель була запропонована Р. Ф. Іглом (1982), модель GARCH дозволяє враховувати автокореляцію дисперсії, що є важливим для моделювання волатильності ринку [89], в подальшому GARCH був удосконалений, шляхом розширення її застосування для фінансових даних. Модифіковані моделі, такі як EGARCH (Exponential GARCH) та TGARCH (Threshold GARCH), були розроблені Д. Нельсоном (1991) та Дж.-М. Заккоїном (1994), вони дозволили враховувати асиметричність волатильності на фінансових ринках [153; 202]. Дослідження Дж. Д. Гамільтона (1994) показало, що ARIMA і GARCH добре працюють на стаціонарних часових рядах, але мають обмеження щодо нелінійних змін [119]. Це сприяло розвитку нелінійних моделей прогнозування, таких як нейронні мережі.

Розвиток нейронних мереж дозволив використовувати глибоке навчання для аналізу часових рядів, що значно перевершує традиційні стохастичні моделі у випадках складних патернів у фінансових даних [59]. RNN – рекурентні нейронні мережі, запропоновані Д. І. Ромельхартом (1986), дозволяють моделювати часові залежності в даних [169]. RNN стали основою для більш складних архітектур, проте вони мають проблему зникнення градієнта, що обмежує їхню ефективність для довготривалих залежностей у фінансових даних [158]. LSTM – вдосконалена версія RNN, запропонована С. Гохрайтером та Й. Шмітхубером (1997), вирішує проблему зникнення градієнта, дозволяючи ефективно запам'ятовувати довготривалі залежності у фінансових ринках [120]. Подальші дослідження, такі А. Гравеса (2013), показали, що RNN може значно перевищувати точність традиційних моделей у прогнозуванні фінансових активів [116; 117]. Transformers (GPT, BERT) – сучасна архітектура нейронних мереж, що базується на механізмі самоуваги (self-attention), запропонована А. Васванія (2017), використовується не лише в обробці природної мови, а й у фінансовому аналізі, наприклад, для прогнозування цін активів та моделювання ринкових залежностей [192]. Дослідження Б. Ліма (2021) продемонструвало ефективність трансформерів у моделюванні фінансових часових рядів, особливо в умовах високої волатильності [143]. Незважаючи на високу ефективність, методи глибокого навчання потребують великих обсягів даних та високих обчислювальних потужностей, що обмежує їх використання у деяких фінансових додатках. Наукова праця Л. Гордфеллова, Й. Бенхію та А. Курвіля (2016) довели, що поєднання глибокого навчання з класичними методами може значно покращити точність прогнозів [114].

Прогнозне моделювання фінансових ринків є одним із найскладніших завдань сучасного фінансового аналізу, оскільки фінансові ринки характеризуються високим рівнем волатильності, нелінійних взаємозв'язків та впливу багатьох макро- та мікроекономічних факторів [119]. Традиційні методи прогнозування, такі як фундаментальний і технічний аналіз,

економетричні моделі (ARIMA, GARCH), демонструють обмежену ефективність у складних динамічних системах [52; 89], особливо для цифрових активів, таких як Bitcoin та інші криптовалюти [144]. Це зумовлює необхідність застосування підходів на основі машинного навчання та ШІ.

Сучасні підходи до прогнозування фінансових ринків базуються на використанні глибоких нейронних мереж (Deep Learning), які здатні моделювати складні залежності між ринковими параметрами [114]. Рекурентні нейронні мережі (RNN) та їхні вдосконалені модифікації, такі як LSTM [120; 118] та Gated Recurrent Units (GRU) [158] – є одними з найбільш ефективних архітектур для роботи з часовими рядами, що дозволяє отримувати більш точні прогнози щодо динаміки фінансових активів.

Паралельно з LSTM-мережами активно використовуються генеративно-змагальні нейронні мережі (GAN) [115], які дозволяють створювати синтетичні фінансові ряди для покращення моделей прогнозування, тестування торгових стратегій та аналізу нестандартних ринкових сценаріїв. TimeGAN та Wasserstein GAN (WGAN) забезпечують більш реалістичне моделювання фінансових даних [201; 40], що дозволяє враховувати історичні патерни ринку при навчанні ШІ-моделей.

Ще одним важливим напрямом є ансамблеве навчання, яке поєднує результати кількох різних моделей для підвищення точності прогнозування [82]. Методології Stacking, Bagging та Boosting широко використовуються для створення гнучких та стійких фінансових ШІ-моделей [54; 106; 107], які дозволяють адаптуватися до ринкових змін. Поєднання ансамблевого навчання з нейромережевими підходами, такими як LSTM+XGBoost або LSTM+CNN [67; 59], дозволяє покращити узагальнення моделей та підвищити точність прогнозів [136].

Узагальнюючи, можна стверджувати, що ШІ формує нову аналітичну парадигму цифрових фінансів, забезпечуючи гнучкість, точність і адаптивність у прийнятті рішень. Завдяки здатності до навчання на основі великих масивів фінансових даних, ШІ дозволяє ефективно моделювати

ринкові сценарії, прогнозувати поведінку активів і автоматизувати фінансові процеси в режимі реального часу. Застосування передових алгоритмів (LSTM, Transformers) підтверджує вищу ефективність глибокого навчання у задачах фінансового прогнозування, порівняно з класичними економетричними підходами. Однак паралельно з перевагами ШІ супроводжується низкою викликів – від необхідності високої обчислювальної потужності до ризиків «чорної скриньки» в ухваленні рішень. Таким чином, ШІ не лише модернізує інструментарій аналітики, а й перетворює саму сутність функціонування міжнародних фінансових інституцій, відкриваючи нові горизонти для подальших досліджень у сфері цифрового прогнозування, що стане основою для практичної частини дисертації.

Висновки до розділу

У першому розділі дисертації здійснено теоретичне узагальнення ключових концепцій цифровізації фінансів, структурований аналіз рушіїв цифрової трансформації та обґрунтування ролі ШІ як провідного аналітичного інструменту в умовах цифрової епохи.

У межах підрозділу 1.1 систематизовано сучасні теоретичні підходи до розуміння цифровізації фінансової сфери, які охоплюють такі парадигми, як концепція ФінТех, децентралізованих фінансів, економіки платформи та інституційної економіки. Узагальнення еволюційних етапів цифрової трансформації, від комп'ютеризації банківських операцій до інтеграції блокчейну, ШІ та смарт-контрактів, засвідчило, що цифровізація змінює не лише інструменти, а й принципи функціонування фінансових ринків. Виявлено, що цифрові фінанси формують нову архітектоніку фінансової взаємодії – на основі відкритих технологічних платформ, алгоритмічного управління та глобальної децентралізації. Теоретичне осмислення цифровізації через призму Кондратьєвських хвиль дозволило виявити її як

фазу шостої технологічної революції, що змінює логіку інституційного розвитку фінансових систем.

У підрозділі 1.2 охарактеризовано ключові рушії цифровізації міжнародних фінансових ринків і інституцій. Доведено, що трансформація фінансового середовища зумовлена взаємодією чотирьох основних детермінант: глобалізаційних процесів, інноваційного прориву у сфері фінансових технологій, регуляторних ініціатив і наслідків системних криз (зокрема 2008 і 2020 років). З'ясовано, що розвиток цифрових платформ, необанків, міжнаціональних фінансових хабів та поширення цифрових валют стимулюють перегляд інституційної логіки ринків і посилюють роль технологічної адаптивності як чинника фінансової конкурентоспроможності. Разом із тим, виявлено і ризики цифрової трансформації – зокрема загрози цифрової нерівності між країнами, ризики кібербезпеки, посилення технологічної залежності та регуляторної фрагментації.

У підрозділі 1.3 розглядається ШІ як універсальний інструмент для інтеграції у діяльність інституцій, що оперують на міжнародних фінансових ринках. Його впровадження не лише забезпечує швидку адаптацію до змін середовища, а й дозволяє формувати нову логіку функціонування фінансових інституцій – на основі даних, автоматизованих рішень та адаптивного регулювання. Обґрунтовано використання машинного навчання як ефективного інструменту аналітики й прогнозування в цифрових фінансах. Представлена теоретично-методологічна основа можливостей моделей машинного навчання через розгляд основоположних досліджень в цьому напрямі, таких як ARIMA, GARCH, RNN, LSTM, GAN, Transformers – що здатні працювати з часовими рядами, оцінювати ризики, формувати алгоритмічні торгові стратегії, автоматизувати управління портфелем і забезпечувати високоточне виявлення аномалій.

Таким чином, результати першого розділу підтвердили, що цифровізація є не лише інструментальним, а й системним явищем, що детермінує глибоку трансформацію міжнародної фінансової системи, формуючи нові принципи

доступу, аналізу та прийняття рішень на основі великих масивів даних. У подальших розділах дисертації теоретична складова, що була закладена в першому розділі стане основою для дослідження цифровізація як чинника трансформації міжнародних фінансових ринків та інституцій.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ТРАНСФОРМАЦІЙНІ ТРЕКИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКІВ ТА ІНСТИТУЦІЙ

2.1. Трансформація кібербезпеки в умовах цифровізації фінансових систем

Цифровізація фінансових систем докорінно змінила уявлення про природу кібербезпеки, трансформувавши її з локальної технічної функції на системоутворюючий елемент фінансової стійкості. У цьому підрозділі здійснено комплексне дослідження цифрових ризиків у фінансовому секторі, з акцентом на їх еволюцію, класифікацію та системний характер у глобальному середовищі. Особлива увага приділяється виявленню основних каналів поширення кіберзагроз – через децентралізовану інфраструктуру, високочастотні платформи, API-інтерфейси, хмарні сервіси – та чинникам, що посилюють ці загрози: зростанню ролі криптовалют, недостатності регуляторного контролю, використанню ШІ в атаках і глобалізації цифрового ринку. Такий підхід дозволяє розкрити багатовекторну сутність цифрових ризиків і сформуванати уніфіковане уявлення про виклики, що стоять перед міжнародною фінансовою безпекою.

У процесі цифровізації фінансових ринків та інституцій кібербезпека набуває нового значення, переходячи від ролі технічного засобу забезпечення роботи інформаційних систем до статусу стратегічного чинника, що підтримує фінансову стабільність. Цифрові трансформації, які включають еволюцію від класичного банкінгу до використання мобільних застосунків, відкритих інтерфейсів програмування (API), смарт-контрактів і децентралізованих платформ, сформували складну структуру цифрової фінансової екосистеми. У таких умовах захист даних і операцій стає вирішальним елементом, що визначає рівень довіри, впливаючи як на стійкість окремих фінансових організацій, так і на цілісність глобальних ринків. Кібербезпека набула статусу

самостійного напрямку цифрової трансформації, чинячи комплексний вплив на низку ключових аспектів: по перше, інфраструктуру світових фінансових ринків, зокрема хмарні технології, блокчейн та платформи Інтернету речей (IoT), по друге, на діяльність фінансових установ, таких як банки, страхові компанії та платіжні системи, по третє, довіру споживачів та інвестиційний клімат, що є основою функціонування ринків. Якщо раніше заходи безпеки були допоміжною функцією, то в сучасних реаліях вони стали необхідною умовою для забезпечення життєздатності фінансових моделей у цифрову епоху. Таким чином, те, що колись було лише «технічним бар'єром», трансформувалося у багатогранну систему, що охоплює управління ризиками, аналіз великих даних, технології машинного навчання, дотримання регуляторних норм і міжнародну кооперацію [121, 32].

Цифровізація фінансових систем значно оптимізувала операційні процеси, проте водночас підвищила їхню вразливість до кіберзагроз. Зростання онлайн-транзакцій, інтеграція хмарних технологій, розвиток блокчейну та поширення ФінТех-рішень докорінно змінили фінансові екосистеми, створюючи нові виклики для кібербезпеки. Фінансові установи стали пріоритетними цілями для кіберзлочинців через високу цінність їхніх даних і транзакцій [75]. Слід розглянути фінансові наслідки цих загроз детальніше. Відтак, глобальні збитки від кіберзлочинності демонструють стійке зростання: 2015 рік – збитки становили приблизно 3 трлн доларів США, 2024 рік – за оцінками Cybersecurity Ventures мав становити \$9,5 трлн, 2025 рік – за очікуваннями витрати на кіберзлочинність зростуть до \$10,5 трлн [75; 97], що в 3,5 рази перевищує показник 2015 року. Ці цифри свідчать про те, що кіберзлочинність перетворюється на масштабну проблему, яка впливає на глобальну економіку. Вартість витоку даних також невпинно зростає, особливо у фінансовому секторі: 2020 рік – середня глобальна вартість витоку даних становила \$3,86 млн [77], 2023 рік – цей показник зріс до \$4,45 млн, 2024 рік – вартість досягла \$4,88 млн, що на 10 % більше, ніж у попередньому році [121]. У фінансовій галузі витрати ще вищі: 2024 рік - середня вартість витоку

даних склала \$6,08 млн, що на 24 % перевищує середній глобальний показник [180; 181]. Ці дані підкреслюють, що фінансові установи несуть більші збитки через витоки даних, що пояснюється високою цінністю фінансової інформації та суворими регуляторними вимогами. Відтак з динаміки що простежується в статистиці можна прийти до наступних висновків: фінансові установи є головними цілями кіберзлочинців через цінність їхніх даних і транзакцій, що підвищує їхню вразливість – отже системний характер загроз. Прогнози вказують на подальше збільшення глобальних збитків від кіберзлочинності до \$10,5 трлн у 2025 році. Особлива вразливість фінансового сектору – витрати на витоки даних у цій галузі значно перевищують середні показники, що свідчить про підвищені ризики [36]. Цифровізація фінансових систем принесла значні переваги, але водночас створила серйозні виклики для кібербезпеки. Зростання глобальних збитків від кіберзлочинності та вартості витоків даних, особливо у фінансовому секторі, наголошує на необхідності посилення заходів безпеки. Фінансові установи повинні інвестувати в передові технології захисту та розробляти стратегії протидії кіберризикам, щоб забезпечити стабільність і довіру до цифрової фінансової екосистеми [74].

Цифровізація фінансових систем стала ключовим фактором трансформації сучасної економіки, що кардинально змінює підходи до забезпечення кібербезпеки. З одного боку, впровадження цифрових технологій сприяє оптимізації фінансових операцій, підвищуючи їх ефективність і доступність. З іншого боку, це значно підвищує вразливість до кіберзагроз через розширення обсягів онлайн-транзакцій, інтеграцію хмарних технологій, розвиток децентралізованих платформ, таких як блокчейн, та поширення ФінТех-рішень. Ці зміни радикально трансформують архітектуру фінансових екосистем, створюючи нові виклики для систем безпеки. Серед ключових тенденцій, що впливають на масштаби кіберризиків, можна виділити: 1) перехід до безготівкових платежів, що зменшує залежність від фізичних носіїв, але збільшує цифрові транзакційні ризики; 2) зростання криптовалютного ринку, який через свою децентралізовану природу

ускладнює контроль і захист; 3) впровадження відкритих банківських API за директивою PSD2, що сприяє інноваціям, але одночасно відкриває нові вектори атак [92]. Ці інновації супроводжуються суттєвими ризиками: У Європі збитки від фінансового шахрайства у 2022 році перевищили €4,3 млрд, значна частина яких пов'язана з діяльністю на цифрових платформах [95]. В Україні кібератака у грудні 2024 року призвела до обмеження банківських операцій, зокрема можливості відкривати нові рахунки та видавати кредити, що підкреслює локальні виклики цифровізації [168; 28]. Трансформація кібербезпеки у цифрову епоху виходить за рамки простої реакції на загрози. Вона вимагає створення нової парадигми безпеки, яка б відповідала масштабам і специфіці сучасних кіберризиків. Адаптація до цих умов є необхідною передумовою для забезпечення стабільності фінансових систем у парадигмі глобальної цифрової економіки.

Таблиця 2.1

Вплив кіберзлочинності на фінансовий сектор

Категорія	Статистика	Опис
1	2	3
Глобальні витрати на кіберзлочинність	\$10,5 трлн щорічно до 2025 року	Кіберзлочинність коштуватиме світові \$10,5 трлн до 2025 року, значно впливаючи на фінансовий сектор через цінність даних і транзакцій [44].
Витрати на порушення даних	\$5,97 млн середня вартість у 2022 році	У 2022 році середня вартість порушення даних у фінансовому секторі склала \$5,97 млн, і ця цифра зростатиме через підвищення рівня складності атак [54].
Збитки від програм-вимагачів	\$20 млрд до 2021 року, зростання до 2025 року	Збитки від програм-вимагачів досягли \$20 млрд до 2021 року і зростатимуть, адже фінансові установи є ключовими цілями через критичність їхньої роботи [44].
Фішингові атаки	41 % кіберінцидентів в у 2023 році	Фішинг склав 41 % кіберінцидентів у 2023 році, часто спрямований на співробітників і клієнтів фінансового сектору [54].
Ринок кіберстрахування	\$16,3 млрд до 2025 року	Глобальний ринок кіберстрахування сягне \$16,3 млрд до 2025 року, відображаючи зусилля фінансових установ зменшити ризики [74].

1	2	2
Витрати на кібербезпеку	\$212 млрд у світі в 2025 році	Фінансові установи інвестують у кібербезпеку, глобальні витрати на яку сягнуть \$212 млрд у 2025 році для боротьби із загрозами [189].
Витрати на простої бізнесу	\$500 млрд – \$1 трлн щорічно до 2025 року	Простої від кібератак можуть коштувати фінансовим фірмам до \$1 трлн щорічно через порушення транзакцій і обслуговування [187].
Вразливість малих підприємств	43 % кібератак на малі підприємства	Малі фінансові підприємства є цілями 43 % атак через слабші системи безпеки [189].

Джерело: [74; 187; 189]

Еволюція цифрового середовища супроводжується зміщенням характеру кіберзагроз – від локалізованих технічних атак до комплексних системних викликів, що ставлять під загрозу стабільність фінансової інфраструктури. Еволюція кіберзагроз у фінансовому секторі відображає технологічний прогрес і адаптацію зловмисників до нових умов. Традиційні методи, такі як фішинг, залишаються основою атак: у 2024 році вони становили 39 % інцидентів у фінансових установах завдяки простоті реалізації та доступності інструментів на чорному ринку, де набори для фішингу коштують до 500 доларів. Проте поява ШІ радикально змінила ландшафт: за даними World Economic Forum, у 2024 році 15 % фінансових шахрайств у Європі були пов'язані з Deepfake-технологіями, що на 25 % більше, ніж у 2023 році (12 %) [198]. Ці атаки використовують синтез голосу та відео для обходу систем аутентифікації, наприклад, у 2021 році хакери імітували голос CEO фінансової установи, викравши 35 млн доларів [56].

DdoS-атаки також трансформувалися: у 2023 році їхня частота зросла на 85 % для мережевих (L3/L4) атак порівняно з 2022 роком, а мішенями дедалі частіше стають хмарні сервіси, які є критично важливою частиною інфраструктури цифрових фінансів [200]. У децентралізованих системах загрози набули нового масштабу: злами криптобірж і гаманців у 2022 році призвели до втрат \$3,8 млрд [63], а в лютому 2025 року північнокорейська

група Lazarus здійснила найбільший в історії злам криптобіржі Bybit, викравши токенів на \$1,5 млрд [64]. За даними The Wall Street Journal, ця атака поставила під загрозу стабільність другої за величиною біржі світу, яка обробляє 20 % глобального обсягу криптотрейдингу, і перевищила попередні рекорди, такі як Poly Network (\$611 млн у 2021 році) і Binance (\$570 млн у 2022 році) [63]. Цей інцидент ілюструє перехід від локальних атак до системних операцій із геополітичним підґрунтям, коли група що вчинила злочин за рядом ознак пов'язана з північнокорейськими владними структурами.

Таблиця 2.2

Основні типи кібератак у фінансовому секторі (2020–2024)

Рік	Кількість витоку даних	Середній збиток на інцидент (млн дол.)	Провідні типи атак
2020	2013	3,86	DdoS, фішинг, злом акаунтів
2021	3950	4,24	Ransomware, DdoS, Deepfake
2022	5212	4,35	Malware, SQL-ін'єкції, BEC
2023	10626	4,45	Ransomware, DdoS, експлойти
2024	Н/Д	4,88	Deepfake, злами криптобірж

Джерело: складено автором на основі [121; 36]

У відповідь на ускладнення кіберзагроз відбувається трансформація підходів до забезпечення цифрової безпеки: зростає роль адаптивних моделей захисту, впровадження стандартів кіберстійкості та підвищення рівня міжнародної координації. Цифровізація змушує фінансові інституції переходити від статичних систем безпеки до адаптивних рішень, впроваджуючи технології ШІ та регуляторні стандарти. У 2024 році ШІ дозволив підвищити рівень виявлення загроз та скоротити середній час реагування [78]. Наприклад, банки, що впровадили ШІ-базовані системи, скоротили успішність фішинг-атак у 2024 році [122]. Такі технології

аналізують поведінкові патерни, виявляючи аномалії з точністю, недоступною традиційним методам, наприклад JPMorgan Chase активно застосовує машинне навчання для запобігання фішинг-інцидентам [135]. Регуляторні рамки також відіграють ключову роль у трансформації. GDPR і PSD2 знизили рівень шахрайства в ЄС до 2024 року завдяки впровадженню подвійної аутентифікації (SCA) [133]. У 2023 році банківські установи в Україні використовували аналітику великих даних для оцінки клієнтів, що призвело до підвищення точності прогнозів, але потребувало адаптації до стандартів ENISA [95]. Міжнародний стандарт ISO 27701, запроваджений у 2019 році, до 2024 року охопив великі фінансові компанії, встановлюючи вимоги до шифрування та анонімізації даних [95; 90]. Ці зміни ілюструють перехід від реактивної до проактивної кібербезпеки, коли захист випереджає загрози.

Таблиця 2.3

Ефективність захисних технологій (2024)

Технологія	Виявлення (%)	Зменшення атак (%)	Час реагування (хв)
Статичні системи	60	10 %	45
Антивіруси	85	30 %	25
ШІ та машинне навчання	95	45 %	8
Блокчейн-захист	80	35 %	15

Джерело: складено на основі [160; 48; 189]

Цифровізація ускладнює пошук балансу між захистом даних і конфіденційністю. Аналітика великих даних покращує точність кредитних оцінок в Україні, однак у деяких випадках компанії можуть використовувати ці дані для таргетованої реклами чи передавати їх третім сторонам без явної згоди клієнтів. Впровадження процедур AML/KYC і відкритих API за директивою PSD2 значно посилило контроль над фінансовими транзакціями в ЄС до 2024 року, що призвело до зниження рівня анонімності. Зокрема, у 2023 році більшість криптобірж у Європі запровадили обов'язкову ідентифікацію

користувачів. У децентралізованих системах проблема набуває особливої гостроти: криптовалюти, такі як Monero та Zcash, ускладнюють відстеження транзакцій, але біржі залишаються вразливими через недоліки смарт-контрактів. Злам Bybit у 2025 році, показав, як слабкі точки (зокрема, компрометація мостів) призводять до масових втрат [64].

Регуляторні ініціативи, такі як Загальний регламент захисту даних GDPR та Закон України «Про захист персональних даних» [7], встановлюють високі стандарти захисту персональних даних, однак їх ефективна імплементація ускладнюється через швидкий розвиток технологій та брак ресурсів у малих організаціях. Відповідно до GDPR, порушення можуть призвести до штрафів до €20 млн або 4 % річного обороту компанії, що сприяє підвищенню рівня відповідальності за захист персональних даних на міжнародному рівні [94]. В Україні, хоча й існує законодавство щодо захисту персональних даних, відсутність незалежного органу контролю та недостатньо розвинена система санкцій залишають значні прогалини у реалізації вимог. Враховуючи це, для досягнення належного рівня захисту необхідно вдосконалювати національне законодавство, створюючи ефективні механізми контролю та посилюючи санкції за порушення прав на захист персональних даних.

Роль міжнародного співробітництва у протидії кіберзагрозам є ключовою для забезпечення безпеки цифрових фінансових систем, оскільки транснаціональний характер кіберзлочинності вимагає координації зусиль між державами для ефективної боротьби з кіберзагрозами. Транснаціональний характер кіберзлочинності вимагає посилення міжнародного співробітництва для ефективної протидії загрозам у цифрових фінансових системах. Злами, такі як Bangladesh Bank (2016) та Bybit (2025), демонструють, що атаки часто координуються з-за кордону. Кіберзлам Bangladesh Bank у 2016 році став одним із наймасштабніших випадків фінансового шахрайства, що підкреслив вразливість глобальної фінансової системи до транснаціональних кібератак. Хакери, використовуючи зловмисне програмне забезпечення, проникли в

комп'ютерну мережу центрального банку та отримали доступ до системи SWIFT, через яку було надіслано 35 фальшивих платіжних доручень на загальну суму близько \$951 мільйона. З них \$81 мільйон було успішно переведено на рахунки в філіппінському банку RCBC, а решта транзакцій була зупинена завдяки виявленню орфографічної помилки в одному з доручень. Розслідування виявило, що атака була ретельно спланована, зокрема, хакери задалегідь відкрили рахунки для відмивання коштів та використали вразливості в системі банку. Експерти з кібербезпеки, зокрема компанії Symantec та BAE Systems, пов'язали цей інцидент із північнокорейською хакерськими групами, які раніше була причетна до атак на Sony Pictures у 2014 році та до інших кіберзлочинів, спрямованих на фінансування державних програм Північної Кореї [195]. У випадку з Vubit конкретно північнокорейська група Lazarus викрала близько 401 000 Ethereum на суму приблизно \$1,5 мільярда. Зловмисники скористалися вразливістю в інфраструктурі стороннього постачальника Safe Wallet, що дозволило їм змінити логіку смарт-контракту під час стандартної транзакції з холодного на гарячий гаманець, відображаючи легітимну адресу, але переводячи кошти на контрольовані ними рахунки. Після викрадення активів Lazarus оперативно розподілили їх через тисячі крипто гаманців, використовуючи міксери та децентралізовані біржі для ускладнення відстеження [58]. Як і у випадку з центральним Банком Бангладешу, викрадені кошти, ймовірно, будуть інкорпоровані у державних програмах Північної Кореї. Ці інциденти підкреслюють виклики, пов'язані з транскордонними кіберзлочинами, та необхідність міжнародної координації для ефективного розслідування та запобігання подібним атакам.

Міжнародна співпраця включає обмін інформацією, спільні операції та гармонізацію стандартів. Наприклад, Europol у 2021 році координувала операцію Dark HunTOR, яка призвела до арешту 150 кіберзлочинців і вилучення 31 млн доларів США і криптовалюти, значна частина яких пов'язана з торгівлею забороненими речовинами в дакрнеті [96]. У 2023 році INTERPOL і FATF посилили співпрацю з криптобіржами, що сприяло відстеженню та

боротьбі з відмиванням грошей через криптовалюти. Завдяки механізму I-GRIP, який діє з 2022 року, вдалося перехопити понад \$200 млн незаконних активів, переважно пов'язаних із шахрайством в кібер просторі [129]. Регуляторні ініціативи також залежать від міжнародної координації – GDPR, ухвалений у 2016 році, став еталоном для 120 країн, які адаптували подібні закони до 2024 року, суттєво зменшивши трансграничні витоки даних [94]. У 2024 році МВФ підкреслив, що відсутність глобальних стандартів кібербезпеки може суттєво збільшити системні ризики у фінансовій системі, якщо країни не узгодять свої підходи [125]. В Україні міжнародне співробітництво з ENISA і Європолом дозволило у 2023 році виявити значну частину кібератак із зовнішніх джерел, зокрема з Росії та Китаю, які становили значну частину інцидентів у банківському секторі [95]. Проте прогалини залишаються: лише деякі країни-члени FATF повністю імплементували рекомендації щодо криптовалют до 2024 року, що ускладнює боротьбу з атаками на децентралізовані платформи. Цей аспект підкреслює, що трансформація кібербезпеки потребує не лише технологій, а й глобальної синергії.

Таблиця 2.4

Міжнародні операції проти кіберзлочинності

Операція	Рік	Організація	Результати
Dark HunTOR	2022	Europol	150 арештів, 31 млн дол. Вилучено
REvil Takedown	2021	INTERPOL	7 арештів, 6,1 млн дол. вилучено
Emotet Shutdown	2021	Europol	Знищення ботнету, 10 млн дол. збитків

Джерело: [96; 129]

Операції з таблиці 2.3 демонструють ефективність міжнародної координації на шляху боротьби з кіберзлочинністю, що є релевантною похідною цифровізації економіки та фінансових ринків.

Кібератаки дедалі частіше спричиняють системні наслідки через взаємопов'язаність фінансових ринків. Атака NotPetya у 2017 році спочатку спрямована на Україну, де було уражено НБУ, державні установи, енергетичні компанії та транспортні системи, шкідлива програма швидко поширилася за межі країни, завдавши глобальних збитків на понад 10 мільярдів доларів США. Зловмисники використали скомпрометоване оновлення українського бухгалтерського програмного забезпечення M.E.Doc для поширення шкідливого коду, який, маскуючись під програму-вимагач, насправді безповоротно знищував дані без можливості їх відновлення [69]. Наймасштабніший витік персональних даних з Equifax у 2017 році, що призвело до компрометації конфіденційної інформації приблизно 147 мільйонів осіб – хакери скористалися відомою вразливістю в Apache Struts, яку компанія не виправила вчасно. У лютому 2020 року Міністерство юстиції США висунуло обвинувачення чотирьом членам Народно-визвольної армії Китаю за причетність до цього злому, що підкреслює потенційний державний характер атаки. У результаті Equifax погодилася на врегулювання з Федеральною торговою комісією США, Бюро фінансового захисту споживачів та 50 штатами і територіями, що передбачало виплату до \$700 мільйонів для компенсації постраждалим та покриття штрафів. Цей інцидент виявив серйозні недоліки в системах захисту даних та підкреслив необхідність посилення кібербезпеки в кредитно-фінансовому секторі. Злам Bybit на \$1,5 мільярда у 2025 році спричинив падіння крипторинків на 8 % за добу, дестабілізувавши біржу з 20 % світового обсягом торгів, що підкреслює системність та глобальність ризиків кіберзлочинів [64]. МВФ у 2024 році оцінив, що кіберризики можуть коштувати банківському сектору до \$2,5 млрд у середньостроковій перспективі через прямі втрати та ефект контагії [125]. Ще одним прикладом, є Target, яка стала ціллю масштабного кібер-інциденту у 2013 році, внаслідок якого було скомпрометовано дані понад 40 мільйонів платіжних карток та особисту інформацію приблизно 70 мільйонів клієнтів. Хакери отримали доступ до мережі компанії через стороннього підрядника,

після чого встановили шкідливе програмне забезпечення BlackPOS на касові термінали, що дозволило їм збирати платіжні дані клієнтів. Цей інцидент призвів до значних фінансових втрат для Target, включаючи витрати на врегулювання позовів, оновлення систем безпеки та компенсації постраждалим клієнтам. Крім того, компанія зазнала серйозних репутаційних збитків: акції Target впали на 13 %, а довіра клієнтів суттєво знизилася [103]. Ці приклади ілюструють, як кіберзагрози трансформують стабільність фінансових екосистем, чинячи глобальний вплив на світовий фінансово-економічний простір, а отже вимагаючи комплексного підходу.

Таблиця 2.5

Системні кіберінциденти та їхній вплив

Інцидент	Рік	Збитки (млн дол.)	Системний ефект
Target	2013	200	Репутаційні втрати, падіння акцій
Bangladesh Bank	2016	81	Вразливість SWIFT
NotPetya	2017	10 000	Глобальна зараження
Equifax	2017	700	Вплив на кредитні ринки
Bybit	2025	1500	Дестабілізація крипторинків

Джерело: складено на основі [64; 69; 53; 103; 66]

Трансформація кібербезпеки в умовах цифровізації вимагає інтеграції ІІІ, гармонізації регуляторних рамок (GDPR, PSD2, ISO 27701) і розробки захисту для децентралізованих систем. Еволюція загроз від фішингу до системних атак, ускладнення конфіденційності через великі дані та криптовалюту, а також зростання системних ризиків формують нову парадигму безпеки. Збитки від кіберзлочинності, що сягають трильонів доларів у 2025 році, і приклади Bybit (\$1,5 млрд) та NotPetya (\$10 млрд) підкреслюють необхідність поєднання технологічних інновацій із регуляторними заходами для забезпечення стійкості фінансових систем у сучасній цифровій економіці.

Проведене дослідження засвідчило, що цифрові ризики у фінансових системах набули системного характеру та вимагають нової парадигми кібербезпеки, яка враховує як транснаціональність загроз, так і їхню технологічну складність. Класифіковані типи атак – від фішингу до експлойтів на смарт-контракти та deepfake-маніпуляцій – свідчать про стрімку еволюцію загрозового середовища. Виявлено ключові канали поширення ризиків, зокрема через взаємопов'язану інфраструктуру, недостатню регуляторну гармонізацію та багатoshарові технологічні вразливості. Підкреслено, що ефективне управління кіберзагрозами вимагає не лише впровадження адаптивних захисних технологій (ШІ, блокчейн, аналітики великих масивів даних), а й посиленої міжнародної координації, гармонізації регуляторних стандартів і створення превентивних стратегій. Отже, забезпечення кіберстійкості в цифрову епоху є критичною умовою збереження цілісності міжнародного фінансового середовища та довіри до його інституцій.

2.2. Адаптація міжнародних регуляторних рамок до цифрової трансформації міжнародних фінансових ринків

Цифрова трансформація фінансових ринків зумовлює необхідність адаптації регуляторних рамок, щоб забезпечити баланс між підтримкою інновацій та збереженням фінансової стабільності. У цьому підрозділі розглядаються світові підходи до регулювання цифрових фінансів, зокрема в ЄС, США, Китаї та Україні. Ключові регуляторні ініціативи, такі як MiCA в ЄС, діяльність SEC у США, заборона криптовалют у Китаї та проект e-гривні в Україні, демонструють різноманітність моделей управління цифровими активами. Аналіз охоплює як позитивний ефект регулювання – підвищення довіри та залучення інвестицій, – так і його потенційні недоліки, зокрема стримування інновацій та розвиток тіньових ринків. Особливу увагу приділено ролі технологій, таких як ШІ і блокчейн, у трансформації регуляторних підходів, а також значенню цифрових валют центральних банків

(CBDC) як інструменту державного контролю. Підрозділ підкреслює глобальні тенденції та локальні особливості, що формують регуляторний ландшафт у цифровій ері.

Цифрові фінанси розвиваються в умовах різноманітних регуляторних підходів, які відображають спроби урядів збалансувати інновації та фінансову стабільність. Ці моделі варіюються від ліберальних до заборонних, впливаючи на глобальні ринки та їхню конкурентоспроможність. У 2025 році Європейський Союз завершив впровадження Регламенту про ринки криптоактивів (MiCA), що встановлює єдині правила для всіх 27 держав-членів у сфері криптовалют. Однак, згідно з даними Coincub, реалізація MiCA спричинила значні виклики для галузі: до червня 2025 року 75 % з 3 167 європейських постачальників послуг з віртуальними активами (VASPs) можуть втратити свій статус через закінчення перехідного періоду, встановленого Європейським органом з цінних паперів та ринків (ESMA). Станом на початок 2025 року лише 12 постачальників послуг з криптоактивів (CASPs) та 10 емітентів електронних грошей (EMTs) отримали ліцензії відповідно до MiCA, при цьому витрати на ліцензування зросли в шість разів – з приблизно €10 000 до €60 000, що змушує багато стартапів припинити діяльність або переносити її до юрисдикцій з більш сприятливим регулюванням. Крім того, лише 14 % крипто стартапів у Європі змогли відкрити банківські рахунки без подальшого закриття, оскільки комерційні банки обмежують надання послуг компаніям у сфері криптовалют. Кількість вакансій, пов'язаних з блокчейн-технологіями, зменшилася на 90 % – з понад 100 000 у 2022 році до приблизно 10 000 у 2025 році, що сприяє відтоку талантів з Європи. Венчурне фінансування крипто стартапів в ЄС знизилося на 70 % з піку в \$5,7 млрд у 2022 році, тоді як США та Азія демонструють ознаки відновлення. Ці дані свідчать про те, що, попри прагнення до гармонізації та захисту споживачів, поточне впровадження MiCA створює значні бар'єри для інновацій та розвитку крипто індустрії в Європі. Без

оперативних реформ та підтримки галузі ЄС ризикує втратити свої позиції у глобальній цифровій економіці [71].

У 2025 році регуляторна система криптовалют у США демонструє значну активність на федеральному рівні, водночас зберігаючи різноманітність підходів серед окремих штатів. На федеральному рівні ключовими регуляторами залишаються Комісія з цінних паперів і бірж (SEC) та Комісія з торгівлі товарними ф'ючерсами (CFTC), які розподіляють юрисдикцію між цифровими активами, класифікованими як цінні папери або товари. У 2024 році Палата представників ухвалила Закон про фінансові інновації та технології для XXI століття (FIT21), який чітко визначає повноваження між SEC і CFTC та встановлює вимоги до прозорості та захисту споживачів. Крім того, SEC створила спеціальну Крипто-групу, очолювану з метою розробки чітких регуляторних рамок для цифрових активів [123; 192]. У січні 2025 року Президент Трамп підписав Виконавчий наказ №14178 “Посилення американського лідерства в цифрових фінансових технологіях”, який скасовує попередні ініціативи щодо цифрової валюти центрального банку (CBDC) та створює робочу групу для розробки федеральної регуляторної рамки для цифрових активів [161]. На рівні штатів регуляторні підходи до криптовалют значно відрізняються: деякі штати, як-от Нью-Йорк, вимагають ліцензії BitLicense для операцій з криптовалютами, тоді як інші, такі як Вайомінг, впровадили сприятливіші умови для криптовалютних компаній. У 2025 році кілька штатів, включаючи Пенсільванію та Луїзіану, розглядають законопроекти, які дозволять державним установам інвестувати в Bitcoin або приймати криптовалюту як платіжний засіб. Ця складна регуляторна мозаїка створює виклики для компаній, що працюють у сфері криптовалют, вимагаючи від них уважного дотримання як федеральних, так і місцевих нормативних актів.

Китай має одну з найсуворіших регуляторних політик щодо криптовалют у світі. Починаючи з 2013 року, влада КНР поступово посилювала контроль над цифровими активами: у 2017 році було повністю

заборонено проведення ІСО, а у 2018 році – надання платіжних послуг для транзакцій з віртуальними валютами. У вересні 2021 року Народний банк Китаю спільно з дев'ятьма іншими регуляторами оприлюднив «Циркуляр 237», який класифікує всі операції з криптовалютами як незаконні фінансові дії. Це включає обмін фіатних грошей на криптовалюти, торгівлю між криптовалютами, діяльність бірж, надання інформаційних чи посередницьких послуг, а також випуск токенів і похідні фінансові інструменти на основі криптоактивів. Також заборонено участь китайських громадян у діяльності офшорних криптобірж, навіть якщо вони лише надають технічну чи маркетингову підтримку [70]. Варто в цьому контексті згадати про програму цифрового юаню (e-CNY), яка розпочалася у 2020 році з пілотних проектів у містах Шеньчжень, Сучжоу, Сюн'ань та Ченду. Ці регіони були обрані для тестування функціональності та надійності нової цифрової валюти. Цифровий юань, який офіційно відомий як Digital Currency Electronic Payment (DCEP), є цифровим еквівалентом готівки (M0) і випускається Народним банком Китаю (PBC). Він функціонує на дворівневій системі: PBC випускає валюту комерційним банкам, які потім розповсюджують її серед користувачів. Станом на кінець червня 2023 року в обігу перебувало ¥16,5 мільярда у вигляді цифрового юаня (e-CNY), що становить лише 0,16 % від загальної грошової маси M0 Китаю. Попри цей невеликий обсяг, загальна сума транзакцій, здійснених за допомогою e-CNY, досягла ¥1,8 трильйона, що свідчить про високу швидкість обігу та ефективність використання цифрової валюти. Кількість користувачів, які відкрили цифрові гаманці, перевищила 261 мільйон осіб. Ці дані підкреслюють значний прогрес Китаю у впровадженні цифрової валюти центрального банку та її потенціал для подальшого розвитку фінансової системи країни [184].

Пошук оптимальних моделей регулювання цифрових активів на міжнародному рівні супроводжується апробацією різноманітних форматів правового визнання криптовалют та державних цифрових валют. Особливу аналітичну цінність становлять кейси країн, які реалізували спроби легалізації

цифрових активів у якості платіжного засобу. Так, у 2021 році Сальвадор став першою країною у світі, яка надала біткоїну статус офіційної валюти. Законодавчо це оформлено у «Законі про Bitcoin», що зобов'язував усіх економічних агентів приймати його як засіб платежу, а також дозволяв використовувати криптовалюту для сплати податків. З метою компенсації недостатньо розвиненої банківської інфраструктури було запущено державний криптогаманець Chivo, однак досвід виявився невдалим: лише 20 % дорослого населення завантажило додаток, а після використання одноразової бонусної виплати більшість користувачів припинили його використання. Основними бар'єрами стали низький рівень цифрової грамотності, недовіра до уряду та слабкість інституційного середовища. Паралельні статистичні показники засвідчили зниження прибутковості банківського сектору попри зростання обсягів транзакцій, що свідчить про структурну неготовність економіки до масштабної криптовалютної інтеграції [193].

Водночас інші країни зосередилися на запуску державних цифрових валют (CBDC). Наприклад, Нігерія впровадила eNaira на основі дворівневої моделі: Центральний банк виступає емітентом і розповсюджувачем цифрової валюти через банківські установи. Китай запровадив цифровий юань (eCNY) у тріступеневій архітектурі, що охоплює етапи від емісії до розподілу й використання кінцевими споживачами. Обидві моделі мають на меті забезпечення прозорості операцій, розширення ринку безготівкових розрахунків і посилення контролю над грошовим обігом. У випадку Китаю впровадження цифрової валюти базується на технології Binance Smart Chain і механізмах PoSA (Proof-of-Staked Authority), що дозволяє знижувати витрати транзакцій і підвищувати безпеку системи [193].

Зіставлення досвіду Сальвадору з прикладами Нігерії та Китаю дозволяє виокремити ключові елементи регуляторної ефективності: 1) наявність централізованої платформи та чіткої монетарної стратегії; 2) етапність запровадження цифрової валюти з орієнтацією на фінансову грамотність

населення; 3) інституційна готовність до контролю за грошовим обігом у новому цифровому середовищі. Таким чином, успішне регулювання цифрових активів потребує не лише технологічної адаптації, а й глибокої інституційної трансформації правових, фінансових і комунікаційних механізмів взаємодії держави та ринку [193].

У 2018 році Національний банк України реалізував пілотний проект із впровадження е-гривні, що став першим практичним кроком до розробки цифрової валюти центрального банку. У контексті пілотного проекту впровадження е-гривні, Національний банк України діяв у межах чинної нормативно-правової бази, що регулює обіг електронних грошей в Україні. Це дозволило запуснути обмежене тестування без прийняття спеціального закону про цифрову валюту. Зокрема, регулятор встановив, що всі операції з е-гривнею в межах проекту підпадають під вимоги до електронних грошей, включаючи вимоги щодо обігу, обліку, учасників, та AML/KYC процедур. Під час проекту були застосовані ліміти на операції з е-гривнею, відповідно до чинних положень НБУ – це дозволило мінімізувати ризики відмивання коштів і забезпечити контроль за грошовими потоками. Усі учасники проекту проходили ідентифікацію, а платформа працювала у продуктивному середовищі з дотриманням кібербезпеки. Окрему увагу приділено визначенню ролей у майбутній екосистемі е-гривні: НБУ мав би виступати емітентом валюти, банківські установи – як розповсюджувачі, а суб'єкти фінансового ринку – як оператори послуг. НБУ також підкреслив необхідність створення окремої нормативної бази у разі повноцінного запуску е-гривні у масштабах країни, яка має передбачати розподіл відповідальності між НБУ, банками, платіжними посередниками та забезпечення технічного моніторингу системи [6].

Порівняння регуляторних підходів (2024)

Країна	Регуляторний акт	Основний фокус	Вплив на ринок
ЄС	MiCA	Криптоактиви, CASP, EMT, прозорість, захист споживачів	Підвищення довіри, але водночас значне ускладнення процедур відповідності, витіснення стартапів, зниження інвестицій і відтік талантів
США	SEC, CFTC, FIT21	Цінні папери, деривативи, цифрові активи	Правова визначеність для ринку, розвиток ETF і деривативів, однак регуляторна фрагментація між штатами створює виклики
Китай	Циркуляр 237 (РВос)	Заборона криптовалют, розвиток CBDC	Різде обмеження крипто сфери, розвиток централізованої моделі через e-CNY, стимулювання тіньового ринку
Україна	Постанова НБУ №481, Закон «Про віртуальні активи»	Цифрова валюта (CBDC), електронні гроші	Пілотний розвиток CBDC, високий потенціал для гнучкого регулювання, але обмежене практичне впровадження на національному рівні

Джерело: складено автором

Регулювання відіграє ключову роль у формуванні інноваційного середовища цифрових фінансів, водночас стимулюючи розвиток нових технологій і встановлюючи межі для забезпечення стабільності та захисту споживачів. Регулювання має амбівалентний вплив на цифрові фінанси: з одного боку, воно підвищує довіру та стабільність, а з іншого – може стримувати інновації через витрати та обмеження. Позитивний вплив регулювання у сфері цифрових фінансів проявляється у створенні прозорих правил гри, підвищенні довіри до нових фінансових технологій та стимулюванні їхнього відповідального розвитку в межах нормативної бази [18]. Формування довіри до цифрових фінансових інструментів є ключовим чинником залучення інституційних інвесторів, оскільки стабільність регуляторного середовища та прозорість технологічних рішень визначають рівень їх участі в цифрових ринках. Європейський досвід демонструє

прагнення до гармонізації через впровадження MiCA, що встановлює єдині правила для діяльності постачальників послуг з криптоактивами (CASPs) у всіх країнах ЄС. Запровадження жорстких нормативних вимог сприяло очищенню ринку від недобросовісних учасників, але водночас посилило бар'єри входу для нових гравців, скоротило доступ до фінансування та викликало відтік інноваційного потенціалу з регіону. Зменшення кількості криптокомпаній, зростання витрат на відповідність та складнощі з банківським обслуговуванням, це все на даному етапі формує негативне середовище для розвитку цифрового бізнесу. США демонструють більш гнучкий, хоча й неоднозначний підхід до регуляції. Прийняття у 2024 році Закону про фінансові інновації та технології (FIT21) розділило повноваження між SEC та CFTC. SEC залишає за собою контроль над цифровими активами, які мають ознаки цінних паперів, тоді як CFTC регулює криптодеривативи як товари. Такий поділ дозволяє підтримувати баланс між контролем і стимулюванням інновацій. Завдяки цьому в США активно розвиваються регульовані фінансові інструменти, зокрема крипто-ETF. Водночас фрагментація підходів на рівні штатів створює виклики для масштабування бізнесу. У Китаї переважає репресивна модель. З 2013 року країна послідовно обмежувала активність у сфері криптовалют, а в 2021 році Народний банк Китаю оприлюднив «Циркуляр 237», який класифікував усі транзакції з криптовалютами як незаконні. Такий підхід дозволяє стримувати фінансові ризики, але водночас стимулює розвиток тіньових ринків і переводить інновації в нелегальне поле. У фокусі держави перебуває розвиток цифрової валюти e-CNY – як централізованої альтернативи децентралізованим активам. Україна перебуває на етапі пошуку оптимальної регуляторної моделі. Перші кроки в цьому напрямку були реалізовані в межах Положення про електронні гроші (Постанова НБУ №481 від 2010 року). Пілотний проект e-гривні 2018 року дозволив протестувати модель наявного нормативного поля, однак для повноцінного впровадження цифрової валюти необхідне оновлення правової бази. Надалі планується розробка комплексної нормативної рамки, яка

передбачає розподіл ролей між НБУ, Мінцифри, банками та фінансовими посередниками, із врахуванням міжнародних стандартів FATF. Таким чином, регулювання цифрових фінансів вимагає збалансованого підходу. Надмірна жорсткість може придушити інновації та створити стимули до переміщення бізнесу в юрисдикції з нижчим порогом входу. Водночас відсутність регуляторної визначеності породжує недовіру, нестабільність і високі ризики для споживачів. Оптимальна модель має базуватися на принципах технологічної нейтральності, гнучкості, прозорості та про активного нагляду, який не перешкоджає розвитку, а сприяє відповідальному зростанню цифрової фінансової екосистеми.

У 2023–2024 роках світовий фінтех-сектор опинився в умовах посиленої регуляторної уваги та зменшенням загального обсягу інвестицій, що створило нові виклики для нормативного середовища, адаптованого до цифрової трансформації ринків. Згідно з даними звіту F-Prime Capital, клімат у 2023 році можна охарактеризувати як *reg on, risk off*, що відображає підвищену інтенсивність нормативно-правового втручання, посилення нормотворчості та зростання кількості регуляторних справ у США та ЄС: Служба контролю за валютним обігом (ОСС) ініціювала регулювання Buy Now Pay Later (BNPL), СФРВ висунула проекти правил щодо відкритого доступу до фінансових даних та обмеження банківських комісій, а SEC затвердила ETF на основі Bitcoin. Водночас у ЄС були оприлюднені деталізовані нормативні рамки щодо криптовалют та цифрових фінансових продуктів, що свідчить про гармонізацію підходів між юрисдикціями. За результатами звіту Pulse of Fintech H2'24 (KPMG), у 2024 році глобальні інвестиції у фінтех досягли найнижчого рівня за останні сім років – \$95,6 млрд через 4 639 угод, що значно поступається показнику 2021 року в \$239,7 млрд. Найбільшу частку інвестицій зберігала Америка (\$63,8 млрд), де було реалізовано п'ять угод понад \$1 млрд кожна (зокрема, викуп Nuvei за \$6,3 млрд та Envestnet за \$4,5 млрд) [140]. Попри загальну стриманість ринку, сегмент платежів продемонстрував значне відновлення: обсяг інвестицій зріс із \$17,2 млрд у 2023 до \$31 млрд у 2024,

переважно за рахунок M&A-угод, що стали реакцією на ринкову консолідацію та потребу масштабування операційної ефективності [94]. Згідно з даними BCG & QED (2024), загальний розмір глобального фінтех-ринку оцінювався у \$320 млрд доходів у 2023 році з прогнозованим зростанням до \$1,5 трлн до 2030 року, тобто майже в п'ять разів, попри падіння середніх мультиплікаторів доходу публічних фінтех-компаній із 20× у 2021 до 4× у 2023, що обумовило зміну ринкової парадигми від бичачих настроїв зростання та лояльності до ризиків до моделі прибутковості та обережного контролю за ризиками [51]. При цьому акцент на регуляторну відповідність (RegTech) суттєво посилюється: інвестиції в цей сегмент у 2024 році сягнули \$7,4 млрд, особливо в регіоні Європи, Близького Сходу та Африки, де дотримання складних вимог стало пріоритетом для інвесторів і банківських структур [140]. Нові регуляторні рамки формуються не лише в західних юрисдикціях: Індія оновила інструкції щодо KYC та спільного кредитування, тоді як Бразилія, завдяки прогресивній політиці Центрального банку, продовжила масштабну реалізацію цифрової публічної інфраструктури (Pix), що сприяла інноваціям у сегменті платежів та фінансової інклюзії [51]. Таким чином, адаптація регуляторних рамок відбувається у контексті стрімкої технологічної еволюції та змін у структурі фінансових послуг, а також вимагає балансу між інноваціями, захистом прав споживачів та збереженням системної стабільності.

Недостатній рівень регуляторного контролю в умовах цифровізації фінансів породжує низку ризиків, зокрема зростання кіберзагроз, спекулятивної активності, фінансового шахрайства та формування нестабільних тіньових ринків, що загрожує системній стійкості як на національному, так і на міжнародному рівнях. Цифрові фінансові системи, зокрема ринки криптоактивів, продемонстрували високу чутливість до кризових явищ, які не лише завдали суттєвих збитків, але й вплинули на зміщення регуляторного фокусу. Прикладом став обвал екосистеми Terra-Luna у 2022 році, коли капіталізація LUNA втратила понад 90 % вартості всього за

72 години, а загальні збитки інвесторів перевищили 60 млрд доларів. Цей крах спричинив ланцюгові ліквідації в ДеФі-протоколах на суму понад 15 млрд доларів, виявивши вразливість алгоритмічних стейблкоїнів та слабку підготовленість ринку до хвильових ефектів [86]. Показовим прикладом вразливості крипто екосистеми став обвал платформи Terra-Luna у травні 2022 року, що спровокував системну хвилю втрат для ринку цифрових активів. Згідно з даними Банку міжнародних розрахунків (БМР), внаслідок краху TerraUSD (UST) та токена LUNA, за період з травня по червень 2022 року було знищено понад 450 млрд доларів ринкової капіталізації криптоактивів і ДеФі-протоколів [65; 66]. Алгоритмічний стейблкоїн UST втратив свою прив'язку до долара, впавши з \$1 до майже нуля протягом кількох днів, спричинивши хвильові ефекти, що охопили численні децентралізовані платформи. У листопаді того ж року другим шоком стало банкрутство централізованої біржі FTX. Згідно з тим самим звітом, ринок втратив ще близько 200 млрд доларів капіталізації після масового виведення активів з біржі на тлі побоювань щодо її ліквідності та платоспроможності. Водночас інституційні інвестори встигли продати свої активи до того, як ціни різко впали, тоді як дрібні інвестори лише нарощували позиції, що свідчить про структурну асиметрію в поведінці на ринку [72]. На тлі обох криз активність користувачів криптобірж зростає: кількість щоденних активних користувачів на Binance, Coinbase та FTX різко збільшилася у відповідь на негативні новини. Це підтверджує той факт, що ринок криптовалют залишається високочутливим до інформаційних тригерів, але його шоки мають здебільшого «внутрішній» характер. Згідно з моделлю БМР, середній роздрібний інвестор, який інвестував \$100 щомісяця після завантаження крипто додатку, до грудня 2022 року втратив би приблизно \$431, що становить майже 50 % від вкладених \$900. Понад 80 % користувачів у всіх економіках зазнали б втрат, що демонструє структурну непоінформованість і незахищеність роздрібних учасників ринку [72]. Попри масштаби втрат, вплив обох криз на традиційну фінансову систему був обмеженим: зміни фондових індексів і загальних фінансових умов у країнах з високим рівнем крипто

впровадження були статистично незначущими. Це підкреслює само референтний характер крипто ринку, що поки залишається відокремленим від класичного фінансового середовища хоча вплив стає все більшим по мірі нарощування позицій крипто ринку та всеохоплюючої цифровізації. Крахи екосистем Terra-Luna та біржі FTX у 2022 році стали потужними тригерами переформатування глобальних регуляторних пріоритетів у сфері цифрових активів, змістивши акценти від інноваційного спостереження до активного нагляду й запровадження превентивних інструментів контролю. Після краху алгоритмічного стейблкоїна TerraUSD регулятори країн G20, Європейський центральний банк та Федеральна резервна система США активізували розробку стандартів для забезпечених стейблкоїнів, які включають резервні вимоги, аудит, прозорість та процедури KYC, а БМР виступив за створення узгодженої на глобальному рівні та інтегрованої нормативної рамки для таких активів [124]. Обвал централізованої біржі FTX, який виявив глибоку непрозорість, конфлікти інтересів і брак управління клієнтськими коштами, спонукав такі регулятори, як SEC і CFTC, до впровадження нових вимог щодо розділення активів, обов'язкової звітності, реєстрації платформ як брокерів або бірж, а також обмеження трейдингу операторів на власних платформах. Унаслідок цього понад 40 юрисдикцій у 2023–2024 роках ініціювали оновлення режиму регулювання централізованих бірж, включно з вимогами до ліцензування, AML та управління активами клієнтів. Паралельно набирає обертів тенденція до інституціоналізації крипто ринку: на тлі втрат понад 80 % роздрібних інвесторів, зафіксованих БМР, дедалі більше уваги приділяється створенню умов, за яких доступ до ринку мають лише авторизовані, ліцензовані платформи. При цьому міжнародна координація також посилилася: з урахуванням транскордонного характеру ризиків крипто ринку, БМР, FSB, IOSCO та МВФ активізували зусилля щодо уніфікації правил, зокрема через розробку «BIS Crypto Policy Roadmap» у 2023 році [124]. Таким чином, події 2022 року стали не лише фінансовими потрясіннями, а й переломним моментом в регуляторному сенсі, який закріпив перехід від

laissez-faire до моделі активного, системно інтегрованого нагляду з акцентом на захист інвесторів, прозорість цифрової інфраструктури та стабільність фінансової систем.

У відповідь на цифрову трансформацію фінансових ринків, центральні банки дедалі активніше досліджують можливості впровадження цифрових валют центральних банків (CBDC). Згідно з аналітичними записками МВФ (2023, 2024), формування регуляторного підходу до CBDC базується на принципах гнучкого багатозафазового управління (модель “5P”) та врахуванні міжнародних викликів, зокрема у сфері транскордонних платежів [167]. Регуляторна рамка проектів CBDC, як зазначено у звіті IMF Note 2023/008, формується за п'ятьма основними етапами: підготовка, концептуальні дослідження, створення прототипу, пілотне впровадження і масштабний запуск. Протягом усього циклу передбачається динамічне ухвалення рішень за схемою *go or no-go*, що дозволяє адаптувати проект відповідно до нових даних та змін у зовнішньому середовищі. Регулятори мають заздалегідь визначити критерії переходу між етапами, оцінюючи юридичну основу, технічну готовність, потенційні ризики для фінансової стабільності, а також інституційну та цифрову спроможність [167]. У процесі формування ефективних регуляторних рамок для цифрової трансформації фінансових систем особливу роль відіграє національний підхід до забезпечення так званої укоріненої стійкості, що базується на етико-правових принципах і стандартах міжнародних організацій, зокрема ОЕСР [19]. Особлива увага в сучасних регуляторних підходах приділяється впливу CBDC на конкуренцію в платіжному секторі, фінансову інклюзію, ефективність монетарної політики та зниження залежності від готівки. Наприклад, CBDC розглядається як інструмент забезпечення доступу до державних цифрових грошей у цифрову епоху, що особливо актуально в юрисдикціях зі скороченням обігу готівки. У контексті міжнародного співробітництва, звіт IMF Note 2024/002 наголошує на критичній важливості врахування транскордонних наслідків CBDC ще на етапі проектування [167]. Запропоновано аналітичну модель із п'яти ключових

елементів для оцінки міжнародної інтеграції CBDC: доступ, комунікація, валютна конверсія, дотримання вимог та розрахунки [167]. Наприклад, широкий доступ для нерезидентів може стимулювати конкуренцію, але створює ризики валютної субституції та відтоку капіталу. Тому пропонується впровадження обмежень на обсяг транзакцій або суму зберігання для нерезидентів як запобіжний захід. МВФ також підкреслює необхідність гармонізації стандартів повідомлень (ISO 20022), застосування модульної технічної архітектури для гнучкої адаптації до різних транскордонних моделей, та розвитку систем PvP (Payment versus Payment) для зменшення ризиків розрахунків. З огляду на високий рівень взаємозалежності у глобальній фінансовій системі, МВФ закликає до міжнародної координації дій регуляторів, що передбачає спільне розроблення інтероперабельних стандартів, механізмів обміну інформацією, та рамок правового забезпечення (особливо щодо AML/CFT та контролю за потоками капіталу) [167]. Таким чином, регуляторний підхід до CBDC еволюціонує від точкового нормативного супроводу до системної багатокomпонентної стратегії, яка враховує як внутрішньодержавні потреби цифрової трансформації, так і глобальні виклики з боку інтегрованої цифрової економіки.

2.3. Розвиток фінансової інклюзивності

У сучасних умовах цифрової трансформації фінансового сектору проблема фінансової інклюзії набуває особливої актуальності як у глобальному, так і в національному вимірах. Цифрові технології істотно розширили можливості доступу до фінансових послуг, створивши передумови для залучення до формального фінансового сектору мільйонів людей, які раніше були виключені з нього. Водночас цей процес супроводжується виникненням нових форм нерівності, обумовлених як технологічними, так і соціально-інституційними факторами. Метою цього підрозділу є оцінити вплив цифрових фінансових рішень на розвиток інклюзивності, виявити

структурні бар'єри, що ускладнюють рівний доступ до фінансових послуг, і визначити, за яких умов цифровізація справді може стати засобом соціальної справедливості, а не джерелом нового виключення.

Цифровізація фінансових послуг стала одним із ключових трансформаційних треків сучасної цифрової економіки, що докорінно змінює архітектуру доступу до фінансів та сприяє досягненню глобальних цілей сталого розвитку, зокрема подолання бідності (ЦСР 1) та зменшення нерівності (ЦСР 10). Як свідчить Global Findex 2021, за період з 2017 по 2021 рік частка дорослого населення з доступом до рахунку у банку або через мобільний фінансовий сервіс зростає з 55 % до 71 % у країнах, що розвиваються, і вперше перевищила 76 % у глобальному масштабі. Причому 40 % нових рахунків були відкриті через цифрові канали – мобільні додатки або фінтех-платформи, що демонструє фундаментальну роль технологій у забезпеченні інклюзії [197]. Такі технології, як цифрові гаманці, QR-платежі, open banking API, та регуляторні sandbox-моделі, дозволяють долучати до фінансової системи мільйони людей у країнах з обмеженою банківською інфраструктурою. Водночас, як зазначено у звітах OECD та Compass 2024, цифровізація має амбівалентний характер: з одного боку, вона усуває географічні бар'єри та знижує трансакційні витрати; з іншого – посилює цифровий розрив, дискримінуючи соціальні групи з низькою цифровою грамотністю або обмеженим доступом до інтернету. Практика державної підтримки цифровізації в країнах ОЕСР демонструє ефективність заходів, спрямованих на зменшення цифрової нерівності, підвищення кібербезпеки та розвиток цифрових навичок у суспільстві, що може бути адаптовано до українського контексту [20]. Особливу стурбованість викликають виклики гендерної нерівності, кібербезпеки та непрозорості алгоритмічного скорингу, які можуть відтворювати або навіть посилювати існуючі соціально-економічні розриви [8]. У цьому підрозділі проаналізовано вплив цифрових фінансів на фінансову інклюзію, визначено ризики та бар'єри, а також наведено приклади державних та інституційних стратегій, які спрямовані на подолання цифрової

асиметрії. Особливу увагу приділено українському контексту – як прикладу країни, де цифровізація фінансових сервісів розвивається високими темпами на тлі геополітичної турбулентності та соціальних викликів.

Фінансова інклюзія – це багатогранний процес, який передбачає залучення широких верств населення до фінансових систем через доступ до банківських послуг, кредитів, страхування та інших інструментів. У сучасному світі цифровізація відіграє ключову роль у розширенні цього доступу, однак її ефективність залежить від теоретичних основ, що пояснюють вплив інновацій та інститутів, а також від практичних наслідків, які включають як переваги, так і виклики. Тут варто зазначити теоретичні підходи Й. Шумпетера та Д. Норта, пов'язавши їх із практичними аспектами цифрових фінансів, такими як зниження витрат і бар'єри, спричинені нерівним доступом до технологій. Інновації як рушій економічного зростання. Й. Шумпетер у своїй праці "Теорія економічного розвитку" 1934 року стверджував, що інновації є основним двигуном економічного прогресу [174]. Він увів концепцію "творчого руйнування", згідно з якою нові технології та підприємницькі ініціативи руйнують застарілі структури, замінюючи їх більш продуктивними. Для Шумпетера інновації – це не лише технічні вдосконалення, а й зміни в організації економічної діяльності, які відкривають нові можливості для зростання. Ця ідея має безпосереднє відношення до фінансової інклюзії, де цифрові технології виступають інструментами трансформації.

У контексті цифрових фінансів теорія Шумпетера знаходить практичне втілення. Такі технології, як мобільні платежі, блокчейн і ШІ, радикально змінюють фінансову систему, знижуючи витрати на транзакції, прискорюючи їх обробку та розширюючи доступ до послуг для тих, хто раніше був виключений із традиційної банківської інфраструктури. Наприклад, у країнах із низьким і середнім рівнем доходу мобільні платежі стали революційним інструментом фінансової інклюзії. За даними Світового банку, у 2021 році 71 % дорослого населення в таких країнах мали доступ до цифрових фінансових інструментів, що на 16 % більше порівняно з 2017 роком [197].

Цей прогрес є яскравим прикладом того, як інновації, описані Шумпетером, сприяють економічному розвитку через залучення нових груп населення до фінансових систем.

Д. Норт, у своїй (1990) підкреслює що інституції – формальні правила, норми та організації – визначають, як суспільство розподіляє ресурси та забезпечує доступ до них [154]. Ефективні інституції сприяють економічному зростанню, гарантуючи стабільність, захист прав власності та передбачуваність економічного середовища. У контексті фінансової інклюзії інституції відіграють вирішальну роль, створюючи регуляторні рамки, які впливають на впровадження і поширення нових технологій. Цифрові фінанси потребують адаптованих інституційних механізмів для забезпечення безпеки, прозорості та довіри користувачів. Наприклад, у Європейському Союзі регулювання Markets in Crypto-Assets (MiCA) встановлює стандарти для цифрових активів, спрямовані на захист споживачів і підтримку інновацій [93]. Ці інституційні заходи підвищують легітимність цифрових фінансових інструментів і сприяють їх ширшому застосуванню. Проте в країнах із слабкими або нестабільними інституціями відсутність належного регулювання може гальмувати розвиток цифрових фінансів, тоді як надмірна жорсткість правил здатна сповільнювати інновації. Таким чином, теорія Д. Нортона підкреслює критичну важливість інституційної підтримки для успіху фінансової інклюзії в умовах цифровізації. Застосування теоретичних підходів до аналізу цифрової фінансової інклюзії дозволяє глибше осмислити її економічну сутність і практичні наслідки у глобальному вимірі. Теорії Й. Шумпетера та Д. Нортона надають міцну основу для розуміння фінансової інклюзії в епоху цифровізації. Інновації, такі як цифрові фінанси, є рушієм економічного зростання, знижуючи витрати та розширюючи доступ до послуг, що відповідає концепції "творчого руйнування" Шумпетера. Водночас успіх цих інновацій залежить від інституцій, які, за Норттом, повинні створювати сприятливе середовище через регулювання та захист прав. На практиці цифрові фінанси демонструють значні переваги, такі як зниження витрат і

підвищення оперативності, але стикаються з бар'єрами – цифровим розривом, недостатньою фінансовою грамотністю та кіберрисками.

Цифрові фінансові технології справді відкривають новий вимір можливостей для розширення фінансової інклюзії, особливо в країнах з низьким рівнем банківської інфраструктури. Однією з ключових практичних переваг є зниження трансакційних витрат: цифрові платформи забезпечують дешевший і швидший доступ до послуг у порівнянні з традиційними каналами. Згідно з аналітичними оцінками ОЕСД, використання цифрових інтерфейсів може зменшити операційні витрати фінансових установ до 25 %, зокрема за рахунок автоматизації обслуговування мікро-транзакцій і скорочення витрат на персонал та фізичну інфраструктуру [155]. Прикладом ефективного масштабування цифрових фінансів є Китай, де екосистеми WeChat Pay та Alipay обслуговують понад 1,2 млрд активних користувачів, забезпечуючи миттєві платежі, мікrokредитування та страхування в єдиному середовищі [149]. За останні роки ці платформи стали основними інструментами платежів як у містах, так і в сільській місцевості, забезпечуючи зручність, швидкість і масштабованість. Ще однією суттєвою перевагою цифрових фінансів є оперативність транзакцій. В умовах обмеженої банківської інфраструктури саме швидкість доступу до послуги часто визначає її реальну ефективність. У сільських районах Індії масове впровадження платформи Unified Payments Interface (UPI) дало змогу мільйонам людей здійснювати фінансові операції через смартфон без потреби в фізичному відділенні банку [197]. Згідно з цим же джерелом, понад 34% нових рахунків у країнах, що розвиваються, було відкрито через мобільні додатки. Разом з тим, розвиток цифрової інклюзії супроводжується низкою системних викликів. Найпоширенішим є цифровий розрив – відсутність доступу до інтернету або смартфонів у вразливих верств населення. Згідно з Global Findex 2021, у 2021 році понад 1,7 мільярда людей у світі не мали доступу до фінансових послуг, переважно через цифрові бар'єри [197]. У країнах Африки на південь від Сахари лише 28% населення мають доступ до мобільного інтернету, що критично обмежує використання

фінансових технологій [155]. Ще одним суттєвим бар'єром є низький рівень фінансової та цифрової грамотності. понад 40% користувачів у країнах з низьким доходом не розуміють умов кредитування або не можуть ідентифікувати фінансове шахрайство [197]. Це підвищує ризики боргової залежності, втрати коштів і зниження довіри до цифрових рішень. Крім того, цифровізація підвищує ризик кіберзагроз, що може суттєво підірвати довіру до цифрових платформ. У звіті Financial Inclusion Compass 2024 зазначено, що зростання цифрової інклюзії без адекватних заходів безпеки створює вразливість для масових кібератак, особливо у випадку базової ідентифікації та верифікації користувачів [197]. Таким чином, цифрові фінансові технології мають величезний потенціал для стимулювання інклюзивного розвитку, однак для реалізації цього потенціалу потрібна комплексна політика, що поєднує технічну інфраструктуру, регуляторну адаптацію, програми фінансової грамотності та стандарти кіберзахисту [101]. Таблиця 2.7 підкреслює масштаб цифрового розриву, який є одним із головних бар'єрів для фінансової інклюзії.

Таблиця 2.7

Відсоток населення з доступом до мобільного інтернету за регіонами

Регіон	% населення з доступом до мобільного інтернету (2023)
Європа	85%
Північна Америка	90%
Африка на південь від Сахари	28%
Південна Азія	45%

Джерело: [197]

Подолання викликів цифрових фінансів потребує скоординованих зусиль урядів, бізнесу та суспільства. Необхідно інвестувати в інфраструктуру для зменшення цифрового розриву, розробляти програми фінансової освіти та впроваджувати ефективні заходи кібербезпеки. Лише за таких умов потенціал фінансової інклюзії в цифрову епоху може бути повною мірою реалізований, поєднуючи інноваційний імпульс Шумпетера з інституційною стабільністю

Норта. Цей підхід забезпечить не лише економічне зростання, а й соціальну справедливість через ширший доступ до фінансових ресурсів. Реальні приклади впровадження цифрових фінансових рішень надають емпіричну основу для оцінки ефективності інклюзивних стратегій у різних країнах та регіонах. Цифрові фінансові послуги відіграють ключову роль у забезпеченні доступу до фінансів у всьому світі, особливо в країнах із обмеженою банківською інфраструктурою [197]. У цій частині підрозділу розглядаються чотири практичні приклади: M-Pesa в Кенії, PMJDY в Індії, WeChat Pay та Alipay у Китаї, а також Monobank і перспективи е-гривні в Україні. Ці кейси демонструють, як цифровізація сприяє фінансовій інклюзії, а також які виклики вона створює.

Одним із найвизначніших прикладів цифрової фінансової інклюзії залишається платформа M-Pesa, започаткована компанією Safaricom у Кенії. Станом на 2023 рік її аудиторія перевищила 32 мільйони активних користувачів, а щорічний обсяг транзакцій сягнув KShs 35,86 трлн (≈ 264 млрд дол. США), що становить понад 50 % ВВП країни. Упродовж одного року платформа опрацювала понад 21 мільярд транзакцій, демонструючи виняткову здатність до масштабування та стійкості [170]. Завдяки значному зниженню вартості транзакцій (у 2023 Safaricom зменшив вартість переказів до банків на 61 %, а з банків – на 47 %), система стала доступною широким верствам населення, включно з неформальними підприємцями та жителями сільської місцевості. Також було проведено понад 1,7 мільярда безкоштовних транзакцій P2P на суму KShs 4,38 трлн для підтримки малих платіжних операцій. Таким чином, M-Pesa перетворилася на інфраструктурний стовп кенійської економіки, що забезпечує мікрокредитування, мобільне страхування, цифрові заощадження та навіть фінансування сільгоспвиробників [170].

В Індії урядова програма Pradhan Mantri Jan Dhan Yojana (PMJDY) стала фундаментальним інструментом у боротьбі з фінансовою ізоляцією населення, особливо в сільських районах. За оцінками, в межах ініціативи було відкрито

понад 500 мільйонів банківських рахунків, зокрема й рахунки без залишку, що стали першим банківським інструментом для мільйонів осіб, раніше позбавлених доступу до формального сектору [109]. Програма також сприяла масовому поширенню цифрових платежів через пряме зарахування державних субсидій та пенсій на особисті рахунки, що суттєво скоротило втрати в системі соціального забезпечення. Крім цього, було забезпечено кредитування без застави, страхування та пенсійне забезпечення, а також активне поширення фінансової грамотності. Дослідження на прикладі села Барач в окрузі Шахдол підтвердило високу ефективність програми в підвищенні рівня добробуту мешканців та розвитку місцевих економік, включно з жіночими домогосподарствами та представниками соціально вразливих груп [109].

Китай, у свою чергу, демонструє приклад масштабної інституційної інтеграції цифрових фінансових технологій. За останні роки платформи WeChat Pay та Alipay стали домінуючими гравцями цифрової інклюзії, охопивши понад 1,3 млрд користувачів, забезпечуючи не лише мобільні платежі, а й інвестиційні, страхові, кредитні та пенсійні сервіси [68]. Завдяки цьому Китай подолав класичні бар'єри банківської інклюзії, включаючи відсутність фізичних відділень і високі трансакційні витрати. Крім того, завдяки цифровим технологіям, вартість онлайн-трансакцій для банків була знижена, а їх доступність – розширена до сільських районів та МСП. Наприклад, до 2023 року система Wangdaitong, запущена ICBC, надала ¥1,85 трлн кредитів малим підприємствам, демонструючи комерційний потенціал фінансової інклюзії. Проте надмірна концентрація ринку в руках кількох технологічних гігантів викликала занепокоєння уряду щодо монополізації, захисту персональних даних і прозорості алгоритмів, що призвело до введення жорсткого регулювання сектору в 2021–2022 роках [68].

Фінансова інклюзія в Україні розвивається як стратегічний напрям трансформації фінансової системи, особливо в контексті пост-воєнного відновлення країни. Основними ініціативами, що визначають практичні кроки у сфері інклюзивного фінансування, виступають урядові програми (зокрема

«Доступні кредити 5-7-9 %»), цифровізація банківських сервісів та національні стратегії, які передбачають охоплення всіх верств населення базовими фінансовими послугами. Визначено, що одним із ключових бар'єрів є нерівномірний доступ до фінансової інфраструктури, низький рівень цифрової та фінансової грамотності серед населення, а також концентрація уваги переважно на банківських послугах, із виключенням потенціалу небанківських установ [14; 29]. Національний банк України, в рамках реалізації Стратегії розвитку фінансового сектору до 2025 року, визначив фінансову інклюзію одним із пріоритетних напрямів, акцентуючи увагу на таких компонентах: розширення доступу до фінансових послуг, підвищення фінансової обізнаності населення, забезпечення прав споживачів фінансових продуктів, а також створення умов для віддаленого обслуговування клієнтів. Практичними кроками в цьому напрямі стали розробка методичних рекомендацій для обслуговування маломобільних груп населення, запуск освітніх проектів з фінансової грамотності, а також розбудова платіжної інфраструктури в сільських та малонаселених регіонах країни [14; 29]. Особливої уваги заслуговують спроби інтеграції інклюзивних практик у загальнодержавні плани цифрової трансформації. Згідно з баченням Уряду, цифрова інфраструктура має стати основою інклюзивного доступу до публічних та фінансових послуг. Програма «Цифрова держава» у межах Плану відновлення України (URC 2022, Лугано) передбачає повне охоплення населення швидкісним інтернетом, електронні послуги для бізнесу, ветеранів, мало захищених груп, а також впровадження нових каналів захисту персональних даних і кібербезпеки. В свою чергу, інноваційна спроможність України значною мірою залежить від ефективного розподілу фінансування на дослідження та розвиток, що особливо актуально у контексті післявоєнного відновлення та інтеграції до європейських структур [203]. Таким чином, цифрова трансформація розглядається не лише як інфраструктурна зміна, а як передумова глибокої фінансової інклюзії, що дозволяє охопити фінансовими сервісами максимальну кількість громадян, зокрема вразливі категорії,

включаючи ВПО, осіб з інвалідністю, пенсіонерів, малий бізнес і населення сільських територій [14; 29].

Попри значний потенціал цифрових фінансових технологій у розширенні доступу до фінансових послуг, їх впровадження супроводжується низкою викликів, що загрожують посиленню соціально-економічної нерівності та фрагментації доступу до цифрових інструментів [27]. Цифровізація фінансових послуг відкриває нові можливості для фінансової інклюзії, але водночас створює серйозні виклики, які можуть перешкоджати досягненню цієї мети. Основні проблеми включають цифровий розрив, гендерну нерівність, кібер-ризик та дискримінацію через алгоритми кредитування. Ці виклики потребують комплексного підходу, щоб забезпечити рівний доступ до фінансових послуг у цифрову епоху. Цифровий розрив – це нерівність у доступі до технологій, зокрема до інтернету, який є основою для використання цифрових фінансових послуг. За даними Міжнародного союзу електрозв'язку, у 2023 році близько 2,6 мільярда людей у світі – приблизно 33 % населення не мали доступу до інтернету [128]. Найгостріше ця проблема проявляється в країнах, що розвиваються: наприклад, в Африці на південь від Сахари лише 27 % населення користується мобільним інтернетом, що пов'язано з високою вартістю послуг, відсутністю контенту місцевими мовами та низькою цифровою грамотністю [87]. В Індії, попри те що 95 % сіл охоплено мобільною мережею, доступ до інтернету має лише 59 % населення, тоді як у сільській місцевості рівень охоплення ще нижчий [162]. У Латинській Америці ситуація подібна – лише один з трьох мешканців сільської місцевості має змогу підключитися до мережі [171]. В Україні рівень інтернет-покриття становить 79,2 % населення, що свідчить про позитивну динаміку цифрового включення, хоча близько 21 % громадян, особливо в сільській місцевості та серед людей похилого віку, залишаються поза цифровими можливостями через технічні або фінансові бар'єри [79; 104]. Цей цифровий розрив означає, що можливості цифрових фінансів – зручні транзакції, доступ до кредитів, інвестиційних платформ та електронних

гаманців – залишаються недоступними для значної частини населення, що посилює соціально-економічну нерівність.

Гендерна нерівність у доступі до фінансових послуг залишається глобальним викликом, незважаючи на прогрес останніх років. Жінки все ще стикаються з багатовимірними бар'єрами, що охоплюють правові, інституційні, економічні, культурні та технологічні аспекти. За даними AFI, гендерний розрив у доступі до фінансів у країнах, що розвиваються, скоротився з 9 % до 6 % у 2021 році, проте в деяких регіонах, зокрема в Африці на південь від Сахари та в арабських країнах, цей показник залишається високим – 12 % та 13 % відповідно. Найбільш поширеними є чотири групи бар'єрів: по-перше, нормативні та інфраструктурні – наприклад, відсутність законодавчого забезпечення права жінок на володіння землею, складні процедури ідентифікації (KYC), або недоступність банківських установ у сільських регіонах; по-друге, обмеження з боку фінансових установ, які часто не сприймають жінок як платоспроможних клієнтів і не адаптують свої продукти до їхніх потреб; по-третє, бар'єри попиту – зокрема низька фінансова грамотність, відсутність доступу до мобільного зв'язку, або недовіра до фінансової системи; і по-четверте – соціально-культурні чинники, серед яких стереотипи щодо ролі жінки, розподіл неоплачуваної праці, дискримінація та насильство, а також закріплені у законодавстві обмеження щодо мобільності та працевлаштування. Звіт підкреслює, що інтеграція гендерною політики у національні фінансові стратегії є ключовим інструментом подолання цих бар'єрів: від обов'язкової сегментації даних за статтю до підтримки жіночого підприємництва та цифрової фінансової грамотності. Впровадження таких підходів дозволяє не лише скоротити фінансову ізоляцію жінок, а й створити передумови для їх економічної самореалізації [39]. Таким чином, фінансова система виступає не лише інструментом розподілу ресурсів, а й важелем для досягнення гендерної рівності та сталого економічного розвитку.

У сучасному цифровому фінансовому середовищі кібербезпека стала критично важливою для забезпечення довіри споживачів та сприяння

справедливій фінансовій інклюзії. Зі зростанням цифровізації фінансових послуг зростають і ризики, пов'язані з кіберзагрозами, такими як фішинг, шкідливе програмне забезпечення, атаки типу “відмова в обслуговуванні” (DDoS) та інші. Ці загрози можуть призвести до порушення роботи фінансових установ, компрометації конфіденційних даних та зниження довіри споживачів до цифрових фінансових послуг [50]. Особливо вразливими до кіберзагроз є малі та середні фінансові установи, а також користувачі з низьким рівнем цифрової грамотності, які часто не мають доступу до надійних засобів захисту. Це підкреслює необхідність впровадження комплексних заходів кібербезпеки, які включають не лише технічні рішення, але й освітні програми для користувачів та розробку політик, орієнтованих на захист споживачів. Підхід “захист за дизайном”, який передбачає врахування аспектів безпеки на етапі розробки фінансових продуктів та послуг, є ключовим для мінімізації ризиків та забезпечення стійкості фінансової системи [50].

Цифрова трансформація кредитного скорингу, заснована на алгоритмах машинного навчання, водночас відкриває нові можливості для фінансової інклюзії та породжує ризики алгоритмічної дискримінації, що виникає через відтворення упереджень, закладених у тренувальних даних і структурі моделей. Кредитний скоринг, заснований на використанні статистичних та аналітичних моделей, дедалі частіше розглядається як ефективний інструмент розширення фінансової інклюзії, особливо в країнах із низьким рівнем охоплення кредитними бюро. Завдяки автоматизації процесу оцінки платоспроможності скоринг дозволяє фінансовим установам охоплювати нові категорії клієнтів, зменшуючи трансакційні витрати, пришвидшуючи ухвалення рішень та знижуючи ризики помилок, притаманних суб'єктивній оцінці менеджера. Використовуючи історичні дані про погашення кредитів, моделі можуть ідентифікувати клієнтів із високою ймовірністю повернення позик, навіть якщо ті не мають формальної кредитної історії. Це особливо важливо для малого бізнесу, жінок, фермерів або мігрантів, які традиційно були виключені з формального кредитного ринку. Такий підхід сприяє

прозорості та стандартизації процедур прийняття рішень, а також стимулює розвиток цифрової фінансової культури в інституціях і серед користувачів [194]. Втім, впровадження цифрових скорингових моделей не позбавлене ризиків. Зокрема, використання великих обсягів даних (включаючи неринкові змінні – поведінкові, соціальні, демографічні) та алгоритмів машинного навчання без належного контролю може призводити до непрямой дискримінації. У звіті CGAP зазначено, що якщо алгоритми скорингу навчені на упереджених або неякісних даних, вони можуть відтворювати існуючі соціальні нерівності – наприклад, систематично недооцінювати кредитоспроможність жінок, сільських мешканців чи представників менш забезпечених груп. Крім того, “чорний ящик” складних моделей ускладнює аудит і регуляторний нагляд, що викликає сумніви щодо прозорості та справедливості скорингових систем. Таким чином, недостатнє пояснення моделей, відсутність механізмів оскарження рішень і відсутність стандартів етичного ШІ можуть звести нанівець позитивний вплив цифрових рішень на фінансову інклюзію [194].

Попри значний потенціал цифровізації у розширенні фінансової інклюзії, глобальне фінансове середовище залишається глибоко нерівномірним і фрагментованим. Цифровий розрив і досі обмежує доступ до базових фінансових сервісів: у 2023 році понад 2,6 мільярда людей у світі залишалися поза доступом до Інтернету, тоді як в Україні цифровою інклюзією охоплено понад 21 % населення – насамперед уразливі групи, як-от мешканці сільських територій та особи похилого віку. Гендерна нерівність поглиблює цю проблему: у країнах, що розвиваються, жінки мають на 6–10 % нижчий рівень доступу до фінансів і цифрових технологій, а в Африці на південь від Сахари ця різниця сягає 20 %. Одночасно з цим зростають ризики у сфері кібербезпеки: щорічне зростання кіберзагроз перевищує 30 %, а потенційні глобальні економічні втрати можуть досягнути \$10,5 трильйонів. Особливе занепокоєння викликає і зростаюча залежність від алгоритмічних моделей у прийнятті фінансових рішень – зокрема у сфері кредитного

скорингу, де за відсутності належного регулювання та прозорості можуть відтворюватися вбудовані упередження, що призводить до непрямой дискримінації соціально вразливих груп. Це загрожує легітимності цифрової трансформації як засобу інклюзії, якщо нові моделі замість розширення доступу – репродукують старі схеми виключення. Подолання таких викликів вимагає комплексної відповіді: посилення інвестицій в інфраструктуру, впровадження політик гендерної рівності, розбудови культури цифрової грамотності, забезпечення кіберстійкості фінансових інститутів та розробки справедливих, прозорих і підзвітних технологічних рішень. Лише за таких умов цифровізація здатна стати реальним інструментом фінансової справедливості, а не новим джерелом соціально-економічної нерівності [30].

У контексті глобальної цифрової трансформації фінансового сектору важливо окреслити стратегічні перспективи розвитку цифрових фінансів, а також сформулювати обґрунтовані рекомендації щодо подальшого впровадження інновацій у фінансову інфраструктуру. Цифровізація фінансових систем у світі та в Україні відкриває нові можливості для підвищення ефективності, доступності та інклюзивності фінансових послуг. У цьому розділі розглядаються перспективи розвитку цифрових валют центральних банків (CBDC) як інструменту зниження трансакційних витрат, регуляторні ініціативи, такі як європейський MiCA та стандарти FATF, що сприяють довірі до цифрових фінансів, а також специфіка ситуації в Україні, де війна прискорила цифровізацію, зокрема через зростання безконтактних платежів і підготовку до впровадження е-гривні. На завершення надаються рекомендації щодо інфраструктури, освіти та впровадження е-гривні, які можуть допомогти Україні реалізувати потенціал цифрових фінансів.

CBDC дедалі частіше розглядаються як інструмент глибокої фінансової трансформації, здатний подолати інерційні бар'єри інклюзії, особливо в країнах із переважанням готівкового обігу. За даними МВФ, фінансова інклюзія є основною мотивацією для впровадження CBDC у понад 60 % центральних банків країн із низьким і середнім доходом. Їх впровадження

дозволяє усунути ключові бар'єри – високу вартість транзакцій, необхідність банківського рахунку, жорсткі KYC-вимоги, а також брак доступу до фінансових установ у сільській місцевості. CBDC у форматі роздрібного доступу (retail CBDC) можуть працювати офлайн, мати функціонал знижених або нульових комісій, що суттєво знижує навантаження на споживачів із низьким рівнем доходу або уразливих груп – наприклад, ВПО, осіб без офіційної зайнятості, фермерів або само зайнятих осіб [167]. Така цифрова готівка може зберігати приватність платежів (на відміну від карткових операцій) та діяти без участі фінансових посередників, гарантуючи повний державний захист і стабільність розрахунків. Узгодження CBDC з іншими цифровими компонентами – системою цифрової ідентифікації, державними субсидіями, програмами соціального забезпечення – відкриває нові можливості для доставки цільової допомоги малозабезпеченим без посередників. У низці країн (наприклад, Багамські острови з Sand Dollar або Нігерія з eNaira) CBDC уже використовуються для безпосереднього зарахування соціальних виплат, стимулювання торгівлі в умовах обмеженої банківської інфраструктури, а також створення м'якої кредитної історії через мікро платежі [179]. Важливо, що навіть особи без формальної кредитної історії, але з послідовною поведінкою у використанні CBDC, можуть згодом отримати доступ до мікро кредитів або страхування [167]. Водночас, ефективність CBDC як інструменту інклюзії не є автоматичною. Як зазначає МВФ, сам факт запуску цифрової валюти не гарантує подолання виключеності – без паралельного розвитку інфраструктури (мобільний інтернет, офлайн-токени), цифрової грамотності, фінансової освіти, доступного дизайну інтерфейсів та етичного регулювання. Існують ризики цифрового дублювання нерівності: якщо державна цифрова валюта залишиться недоступною через складні процедури реєстрації, мовні чи технічні бар'єри, вона може посилити виключення, а не подолати його. Також важливим аспектом є забезпечення безпеки та приватності – питання, що має особливу вагу для жінок, молоді та маргіналізованих спільнот [142; 167; 179]. Для України, яка вже має досвід

експериментів із цифровою гривнею, CBDC може стати важливим компонентом соціально чутливої фінансової політики в період повоєнного відновлення. Особливо перспективною є її інтеграція з платформами цифрової ідентифікації (Дія), системами виплат для ВПО та малих фермерів, а також у рамках ініціатив для повернення трудових мігрантів до формальної економіки. Успішне впровадження CBDC у контексті інклюзії потребує між інституційної координації, чіткого етичного дизайну, прозорості алгоритмів, доступного користувацького досвіду та супровідної інформаційної політики – лише за таких умов цифрова валюта може реалізувати свою інклюзивну місію, а не перетворитися на черговий інструмент формального контролю без реального доступу.

Здійснений аналіз підтвердив, що цифрові фінансові технології мають значний потенціал для поглиблення фінансової інклюзії, однак реалізація цього потенціалу залежить від низки критичних умов – розвитку інфраструктури, підвищення фінансової та цифрової грамотності, забезпечення гендерної рівності, прозорості алгоритмів і належного регуляторного супроводу. Досвід різних країн, включаючи Кенію, Індію, Китай та Україну, демонструє як успішні кейси залучення нових клієнтів через цифрові канали, так і ризики – цифрового розриву, кіберзагроз та алгоритмічної дискримінації. Таким чином, цифровізація здатна перетворити фінансову систему на інструмент інклюзивного розвитку лише за умови комплексного, етично вивіреного підходу, що поєднує інновації з інституційною стабільністю, соціальною чутливістю та цільовою державної політикою.

2.4. Зміна системних ризиків у контексті цифровізації фінансових ринків

У контексті глобальної цифрової трансформації фінансових ринків кардинально змінюється природа системних ризиків, які більше не

обмежуються традиційними банківськими каналами, а формуються на перетині цифрових інновацій, високочастотної торгівлі, небанківського посередництва та регуляторної фрагментації. У цьому підрозділі здійснено комплексне дослідження нової архітектури ризиків, що виникає під впливом цифрових активів, децентралізованих фінансів, алгоритмів ШІ та токенизованих інструментів. Метою аналізу є не лише визначення характерних ознак системних ризиків цифрового типу, але й обґрунтування сучасних методологічних підходів до їх виявлення, кількісної оцінки та попередження в умовах глобалізованої фінансової взаємозалежності.

Стрімка трансформація глобальної фінансової системи, спричинена цифровізацією, створює нову архітектуру ризиків, що все частіше проявляється у формі системних загроз. Розширення ролі небанківських фінансових установ (NBFІ), зростання обсягів алгоритмічної торгівлі, посилення ринкової взаємозалежності через токенизацію активів, швидка адаптація ШІ в капіталовкладеннях та зростання геоекономічної невизначеності – всі ці чинники дедалі більше визначають фінансову волатильність та ймовірність контрагійозного ефекту. Як підкреслюється у GFSR (2024), сучасні фінансові умови, попри короткострокову стабільність, супроводжуються наростаючими структурними вразливостями – зокрема, підвищеним рівнем заборгованості, активацією важелів у NBFІ-секторі та спотвореним механізмом ціноутворення активів [125]. На тлі цього особливого значення набуває зростаюча роль NBFІ як альтернативних посередників, що не охоплюються повноцінним регуляторним наглядом. Їхній швидкий розвиток, за підтримки цифрових технологій, сприяє кращій алокації капіталу та фінансовій інноваційності, однак водночас посилює непрозорість ринку, підвищує рівень кредитного та ліквідного ризику, а також створює потенціал для ефекту доміно в разі стресу. Приклад серпневої волатильності 2024 року, описаної у звіті МВФ, продемонстрував, що високий рівень задіяного важеля та одночасне реагування алгоритмічних стратегій на несподівані зміни ринку можуть призводити до нелінійних розпродажів та

стрімкого зниження ліквідності. Такі процеси мають особливо серйозні наслідки для портфельних інвесторів, які стикаються з погіршенням доступу до ринків капіталу, переоцінкою активів та ризиком втрати короткострокової ліквідності, навіть у традиційно стабільних юрисдикціях [125]. Таким чином, сучасна архітектура ризику все частіше базується на перетині трьох критичних осей: техно-інноваційності (ШІ, ДеФі, токенизація), високої ринкової взаємозалежності та регуляторної фрагментації [4]. Глобальна цифрова трансформація фінансів супроводжується посиленням кіберзагроз, ризиків від неконтрольованого поширення криптоактивів та юридичної невизначеності, що суттєво ускладнює забезпечення фінансової стабільності у міжнародному контексті [179]. Це вимагає концептуально нового підходу до оцінки системної нестабільності – з урахуванням транснаціонального характеру ризиків, складності інформаційних потоків та ефектів поширення через небанківські канали. В умовах наростання геополітичної напруги та невизначеності монетарної політики ключових економік, системні ризики більше не обмежуються банківською сферою – вони дедалі частіше формуються у взаємодії між цифровими платформами, децентралізованими ринками капіталу та глобальними портфельними потоками [3].

Зростання цифрової складової у фінансовій системі формує новий вимір системного ризику, що вимагає детального аналізу впливу крипто активів, ДеФі та стейблкоїнів на стійкість міжнародних фінансових ринків. Цифровізація фінансових ринків, втілена у таких інструментах, як криптовалюти, стейблкоїни та децентралізовані фінанси, суттєво трансформує глобальну інвестиційну екосистему, залучаючи дедалі більші обсяги капіталу від міжнародних портфельних інвесторів. Впровадження цифрових активів у якості платіжних інструментів супроводжується як значними перевагами (зниження трансакційних витрат, прозорість), так і серйозними ризиками, зокрема мильною бульбашкою та втратами ліквідності, як продемонстровано на прикладі Bitcoin, eNaira та eCNY [167].

Цифровізація фінансових ринків суттєво змінює структуру міжнародних портфельних інвестицій, поглиблюючи інтеграцію високоволатильних активів і водночас трансформуючи механізми передачі ризиків у глобальній фінансовій системі. Згідно з останніми оцінками Світового економічного форуму, частка цифрових активів, таких як криптовалюти, у глобальних інвестиційних портфелях у 2023 році досягла 5 %, що свідчить про їх зростаюче визнання як альтернативного класу активів. Водночас МВФ у GFSR (2024) підкреслює: зростаюча роль небанківських фінансових посередників (NBFI), а також поширення алгоритмічної торгівлі та токенизації активів формують нові канали трансмісії системного ризику – зокрема через ефекти маржинальних розпродажів, тісну ринкову взаємозалежність та інформаційно-поведінкові збої. Особливої уваги заслуговує зміщення структури глобальних портфелів у бік високочастотних, деривативних та криптозалежних інструментів. У новій парадигмі фінансів – де торгові сигнали генеруються ШІ, а капітал переміщується з мілісекундною точністю – класичне уявлення про ризик, ліквідність і кореляції активів перестає бути стабільним [125]. Наприклад, волатильність Bitcoin у 2023 році перевищувала [185], Ethereum – 90 %, тоді як фондовий індекс S&P 500 коливався в межах 15–20 %, в тому ж 2023 році кореляція між Bitcoin та S&P 500 досягла рівня 0,7 - що вказує на значне зростання їхньої синхронності порівняно з 0,2 у 2015 році [47; 199]. Така тенденція свідчить, що криптовалюти більше не є ізольованим класом активів, а їхні потрясіння можуть швидко поширюватися на традиційні ринки, дестабілізуючи ширші фінансові екосистеми. Значну частку торговельної активності формують короткострокові спекулятивні операції, у випадку криптовалютних активів понад 60 % обсягу операцій на ринку мають нестійку спекулятивну природу. Така концентрація короткострокового капіталу знижує стійкість ринку до шоків, особливо в умовах вузької ліквідності. Різке зростання ролі цифрових активів супроводжується формуванням тіньових ризиків: маржинальні виклики, які спрацьовують через моделі VaR, можуть ініціювати каскадне скидання активів, спричиняючи системний ефект. Події

серпня 2024 року – коли волатильність на ринку акцій у США та Японії різко зросла, а індекс Nikkei зазнав падіння на 12 % лише за один день – демонструють, наскільки швидко цифрова взаємозалежність активів може спричинити нелінійні ефекти через взаємодію ринкових алгоритмів, кредитного плеча та новинних шоків [80]. У цьому контексті криптовалютні активи стають не просто елементом портфеля, а джерелом системної невизначеності. Крім волатильності, суттєвим викликом залишається асиметрія регуляторного покриття. У звіті GFSR наголошується, що більшість інновацій – зокрема в галузі токенизації, децентралізованих фінансів і використання ІІІ – розвиваються поза межами традиційного банківського нагляду, що унеможлиблює вчасне виявлення точок концентрації ризику. В умовах глобального поширення небанківських каналів інтермедіації, а також перехресної участі великих гравців в одночасно банківських і криптоактивах, зростає вразливість до системних контагійних ефектів – насамперед через зміну настроїв інвесторів, втрату ліквідності та збої у клірингу. Таким чином, цифрова трансформація портфельних структур – хоч і надає інвесторам нові можливості диверсифікації – водночас руйнує класичну логіку побудови стабільного інвестиційного середовища. В епоху цифрових активів поняття диверсифікації дедалі частіше виявляється ілюзорним, адже висока взаємозалежність активів, ринкова фрагментація та поведінкові шоки можуть миттєво перетворити портфель з альтернативно-збалансованого на високо ризикований.

Таблиця 2.8

Порівняння волатильності цифрових та традиційних активів

Актив	Річна волатильність (%)
Bitcoin (BTC)	70 %
Ethereum (ETH)	90 %
S&P 500	20 %

Джерело: складено автором на основі [47; 199; 185]

Таблиця наочно демонструє, що волатильність цифрових активів у 7–10 разів перевищує показники традиційних інструментів. Це створює значні виклики для інвесторів у контексті управління ризиками, а для регуляторів – у забезпеченні стабільності ринків, особливо в умовах глобалізованих інвестиційних потоків.

Одним із ключових викликів цифрової трансформації є зміна характеру синхронізації ринкових ризиків, що спричинена зростаючою інтеграцією цифрових активів у структуру традиційних фінансових систем. На відміну від попередніх криз, у цифрову епоху навіть локальні перебої в одній частині фінансової екосистеми здатні ініціювати швидке поширення шоку на глобальному рівні – через взаємопов’язаність бірж, платформ, інвесторів та алгоритмічних моделей прийняття рішень. Події серпня 2024 року, як зазначено у GFSR, стали тому наочним прикладом: волатильність фондових індексів США та Японії впали на понад 12 % за лічені дні внаслідок швидкого розпакування позик із високим кредитним плечем, що було спровоковано рішенням Банку Японії та слабкою статистикою ринку праці США [125]. Ця подія продемонструвала, що сучасна фінансова система є особливо вразливою до ефекту маржинального замикання – коли автоматичні вимоги щодо застави (margin calls) спричиняють стрімкі розпродажі активів, поглиблюючи ринковий спад. Подібну динаміку раніше продемонструвала і криза екосистеми Terra-Luna у травні 2022 року, коли руйнація алгоритмічного стейблкоїна UST призвела до втрат інвесторів на суму понад \$40 млрд, що спричинило ланцюгову реакцію дефолтів у ДеФі-платформах, венчурних фондах та традиційних інвестиційних фондах, пов’язаних з криптовалютами [72]. У звіті GFSR особливу увагу приділено феномену токенованої взаємозалежності: активи, пов’язані з блокчейн-інфраструктурою, дедалі частіше мають подвійний вплив – як на цифрові платформи, так і на інститути традиційного фінансового сектора. Це означає, що у випадку краху певного токенованого активу (наприклад, стейблкоїнів чи security tokens), збитки можуть бути зазанані не лише роздрібними трейдерами, а й інституційними

інвесторами, фондами та банками, які включили ці інструменти до своїх портфельів – або напряду, або через похідні фінансові продукти. Така ситуація створює умови для виникнення латентних точок системного тиску, які важко виявити в режимі реального часу через обмежену прозорість небанківських фінансових посередників (NBFІ) та низький рівень агрегованого моніторингу з боку регуляторів [125]. Таким чином, у новому цифровому середовищі системний ризик дедалі частіше має інфраструктурну та поведінкову природу: не лише актив, а й логіка його поширення через цифрову інфраструктуру, високочастотні стратегії та поведінку ринку визначають масштаб і швидкість розповсюдження шоку. Це вимагає нової парадигми оцінки ризиків – мультифакторної, динамічної та системно-орієнтованої, яка враховує не лише фінансові, але й технологічні та інформаційні канали впливу на стабільність.

Децентралізовані фінанси та цифрові валюти центральних банків (CBDC) демонструють значний трансформаційний потенціал, але одночасно створюють складні системні ризики, пов'язані з вразливістю інфраструктури, непрозорістю операцій та ефектами взаємопов'язаності. ДеФі, зокрема, формує середовище високої автоматизації без централізованого управління, де навіть незначна вразливість у смарт-контракті може призвести до системного збою. За період 2018–2023 років втрати через експлойти смарт-контрактів перевищили \$1,2 млрд, що свідчить про значні загрози для учасників ринку. Ефект доміно в ДеФі підтверджують кейси, як-от злом Poly Network (\$611 млн) або крах екосистеми Terra-Luna, внаслідок якого було втрачено понад \$40 млрд, а кризові наслідки відчули низка інших платформ наряду з інституційними інвесторами [72]. Ці явища демонструють дефіцит стійкості та глибокий взаємозв'язок між протоколами, де збій в одному ланцюгу може спричинити ланцюгову реакцію на інші елементи екосистеми. За оцінками Financial Stability Board, висока залежність ДеФі від внутрішніх застав, взаємного кредитування та нестачі регуляторного нагляду збільшує ризик загальносистемної дестабілізації, особливо за умов зниження ліквідності або цінових шоків. Паралельно, швидке зростання інституційних інвестицій у

ДеФі – вказує на посилення тиску на традиційні ринки та на необхідність синхронізованого регулювання з боку міжнародних фінансових організацій [125]. Натомість, CBDC хоча й сприяє фінансовій інклюзії та знижує бар'єри доступу до платіжних інструментів, також містить вбудовані ризики, зокрема пов'язані з дезінтермедіацією, операційною уразливістю та ризиками для фінансової стабільності. Наприклад, CBDC може посилити загрозу відтоку депозитів із комерційних банків, особливо в кризових умовах, що ставить під питання ефективність традиційної грошово-кредитної політики. Крім того, CBDC, що широко доступні, можуть стати мішенню для кіберзлочинців, а їхня складна архітектура – джерелом вразливостей до збоїв ключових постачальників ІТ-послуг [179]. У звітах БМР і МВФ також зазначено, що слабка координація між центральними банками щодо інтеперабельності CBDC ускладнює їхню роль у глобальній платіжній інфраструктурі та посилює ризик фрагментації ринку. Таким чином, обидва напрями – як ДеФі, так і CBDC – вимагають ретельного регулювання, стратегій багаторівневої безпеки, прозорих моделей управління ризиками та міжнародної координації, аби перетворити їх на інструменти інновацій, а не дестабілізації фінансових ринків [167].

Таблиця 2.9

Основні інциденти в децентралізованих фінансах (2018-2023)

рік	Інцидент	Втрати (млн дол. США)
2021	Poly Network	611
2022	Terra-Luna	40000
2023	Euler Finance	200
2022	Compound	100
2018-2023	Інші	1200

Джерело: складено автором на основі [72]

Алгоритмічна торгівля (АТ) та високочастотна торгівля (HFT) стали невід'ємними складовими сучасної фінансової інфраструктури, однак їхній

стрімкий розвиток супроводжується зростанням структурної вразливості ринків [76]. Згідно з даними IOSCO, вже у 2023 році близько 70 % усіх операцій на фондових біржах США здійснювалися за участі алгоритмів [128]. Це підвищує ефективність та ліквідність, проте водночас збільшує ризик каскадних збоїв у періоди стресу. Досвід так званих флеш-крешів – як-от падіння індексу Dow Jones на 9 % за лічені хвилини у 2010 році [73] або обвал казначейських облігацій США у 2015-му [61] – засвідчує, що високошвидкісна торгівля може сама генерувати кризові події, зумовлені однотипними реакціями алгоритмів на сигнали ринку. Особливу увагу привертає проблема чорного ящика у використанні ШІ-моделей, коли фінансові рішення ухвалюються на основі непрозорих або складно інтерпретованих алгоритмів. Це унеможлиблює вчасну оцінку ризику і ускладнює контроль з боку як регуляторів, так і самих інвесторів. У 2023 році збій алгоритмів на платформі Binance Futures спричинив масову ліквідацію позицій на суму понад \$424 млн, що підкреслило здатність автоматизованих систем перетворювати локальні сигнали в масштабні ринкові потрясіння [47]. Теоретично ці ризики пояснюються через призму агентських моделей та асиметрії інформації: алгоритми діють як агенти інвестора, проте їхня логіка (особливо у випадку ШІ-моделей) часто не підлягає розшифровці навіть самими розробниками. Це створює ситуацію, в якій дії чорного ящика можуть неконтрольовано розширити ринкову нестабільність. Д. Жума, Х. Гао та З. Гуань (2024) підкреслюють що в умовах підвищеної волатильності NFT може як зменшити, так і багаторазово посилити коливання цін, залежно від швидкості реакції систем на нестандартні події [207]. Проблема ускладнюється тим, що реакція NFT-систем на ринкові потрясіння відбувається швидше, ніж реакція людини чи регулятора, що дає змогу великій кількості автоматизованих гравців одночасно виводити ордери, тим самим знижуючи ліквідність. У поєднанні з нерегульованими ШІ-моделями ухвалення рішень це створює ідеальні умови для контагіозних ефектів нового типу, зокрема при роботі на ринках деривативів або волатильних крипто активах [76; 207]. У відповідь на ці

виклики SEC запропонувала впровадження швидкісних обмежень для HFT, а Європейська комісія – сертифікацію моделей ШІ, що використовуються у фінансовій торгівлі. Міжнародна організація IOSCO вимагає вбудованої системи пояснення рішень для високочастотних моделей, особливо в сегментах, де вони взаємодіють із фондами пенсійного страхування або платформами з високим соціальним значенням. Таким чином, вплив алгоритмів та ШІ на системну стабільність ринку залежить не лише від їхньої архітектури, а й від здатності учасників ринку, регуляторів і розробників забезпечити прозорість, адаптивність і контрольованість таких рішень у реальному часі [127].

У зв'язку з високим рівнем волатильності, децентралізації та глобальної взаємозалежності цифрових фінансових ринків, особливо у сфері криптовалют і ДеФі, постає потреба в адаптації сучасних моделей оцінки системного ризику до нових викликів цифрового середовища. У цифрових фінансових екосистемах, де активи, такі як криптовалюти та децентралізовані фінанси, характеризуються високою волатильністю, взаємозалежністю та глобальним масштабом, оцінка системного ризику набуває фундаментального значення для забезпечення стабільності ринків і захисту міжнародних портфельних інвестицій. Системний ризик у цьому контексті визначається як ймовірність ланцюгової дестабілізації фінансової системи через збій в одному її сегменті, що може спричинити каскадний ефект на інші активи, платформи та ринки. Цей ризик посилюється унікальними особливостями цифрових екосистем: високою швидкістю транзакцій, відсутністю централізованого контролю, транснаціональним характером операцій та екстремальною волатильністю цін. Для прогнозування та управління такими загрозами застосовуються різноманітні науково обґрунтовані моделі, зокрема Value-at-Risk (VaR), його розширена варіація Conditional Value-at-Risk (CVaR), Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) та мережевий аналіз. Ці інструменти дозволяють не лише оцінити потенційні втрати чи макроекономічні наслідки, але й виявити структурні зв'язки, що можуть стати джерелами контагії [131; 132;

182; 91]. Їхнє використання є критично важливим для міжнародних інвесторів, які прагнуть мінімізувати системні загрози, а також для регуляторів, які розробляють механізми нагляду за цифровими фінансами. У сучасних умовах зростаючої фінансової турбулентності рішення щодо структури капіталу багатонаціональних корпорацій дедалі більше формуються не лише під впливом макроекономічних факторів, а й через внутрішні сигнали учасників ринку, що, за новими підходами, може бути інкорпоровано у вигляді спеціалізованих індикаторів, зокрема Signaling Capital Structure Ratio, який дозволяє точніше оцінити баланс ризику та ефективності в транснаціональному контексті [31].

У цій частині розділу розглядаються теоретичні основи цих моделей, їхню застосовність до цифрових екосистем, емпіричні приклади, а також представлений порівняльний аналіз їхніх переваг і недоліків.

Концепція системного ризику бере початок із праць Ф. Аллена та Гейла, які досліджували фінансову контагію в банківських системах, визначаючи її як поширення шоків через взаємопов'язані інституції. У цифрових екосистемах системний ризик набуває нових вимірів через специфіку криптоактивів і ДеФі [38]. Ключові характеристики, що впливають на моделювання, включають: екстремальна волатильність - річний коефіцієнт волатильності Bitcoin може перевищувати 100 % [47], що значно ускладнює прогнозування порівняно з традиційними активами, такими як акції чи облігації; децентралізація - відсутність центральних регуляторів підвищує ймовірність неконтрольованих криз, оскільки немає єдиного органу, здатного швидко стабілізувати ситуацію; глобальна взаємопов'язаність - цифрові активи оперують у транснаціональному просторі, де локальний збій може миттєво вплинути на глобальні ринки через швидкість цифрових транзакцій. Ці фактори вимагають адаптації традиційних моделей оцінки ризику до нових умов. Нижче детально розглянуто три ключові моделі, їхнє теоретичне підґрунтя, практичне застосування та обмеження в контексті цифрових екосистем.

VaR – це статистичний метод, який оцінює максимальні потенційні втрати портфеля за певний період із заданою ймовірністю (наприклад, 95 % або 99 %). Модель базується на припущенні нормального розподілу дохідностей, хоча в цифрових екосистемах це припущення часто не виконується через "товсті хвости" розподілу (leptokurtic distribution), характерні для криптоактивів. VaR розраховується як квантиль розподілу дохідностей портфеля. Наприклад, 5 % - VaR для Bitcoin може вказувати, що з ймовірністю 95 % добові втрати не перевищать 5 % [132]. Формула для VaR у базовому вигляді виглядає так:

$$VaR = Z_1 \times \sigma \times V, \quad (2.1)$$

де Z_1 – одностороння альфа квантиль стандартного нормального розподілу

σ – стандартне відхилення дохідності;

V – вартість портфеля.

У цифрових екосистемах VaR дозволяє інвесторам швидко оцінити ризики портфелів, що включають Bitcoin, Ethereum чи токени ДеФі. Проте висока волатильність і асиметрія розподілу дохідностей криптоактивів знижують точність моделі. Наприклад, проаналізувавши історичні дані з біржі Binance, можна констатувати що стандартне відхилення добових змін котирувань цін Bitcoin в залежності від року (по мірі дорослішання ринку криптовалют, актив стає менш волатильним, Bitcoin 2017 і 2024 років – це різні активи з точки зору зрілості, а отже властивостей), сягало 4-6 %, але екстремальні падіння перевищували 20 % [47]. Для подолання цих обмежень у цифрових екосистемах застосовуються розширені версії, такі як Conditional VaR, що оцінює середні втрати за межами VaR, або Monte Carlo Simulation, яка моделює тисячі сценаріїв з урахуванням нелінійних залежностей [131; 132]. Наприклад, CVaR для Bitcoin у період криз показав би середні втрати на рівні 25-30 % у екстремальних сценаріях. Таким, чином, оцінювання ризиків у

цифрових фінансових системах із використанням таких інструментів, як VaR, має як переваги, так і обмеження. З одного боку, VaR відрізняється простотою обчислення та зрозумілою інтерпретацією для інвесторів, а також забезпечує можливість агрегування ризиків у портфелях із різними класами активів. З іншого боку, дана метрика не враховує екстремальні події, що є критично важливим у контексті криптоактивів із вираженими хвостами розподілу доходностей. Крім того, залежність VaR від історичних даних обмежує його ефективність у динамічному середовищі цифрових ринків, де минулі закономірності часто не відображають майбутні тренди через стрімку еволюцію інструментів і змінну ринкову поведінку.

Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) – це макроекономічна модель, яка інтегрує мікроекономічні основи (поведінку агентів) із макроекономічними змінними (інфляція, ВВП, процентні ставки) для аналізу впливу випадкових шоків на економіку. У цифрових екосистемах DSGE адаптується для оцінки системних ефектів криз у ДеФі та на крипторинках. DSGE базується на системі нелінійних рівнянь, які описують взаємодію домогосподарств, фірм і фінансових інститутів у стохастичному середовищі [182]. У контексті ДеФі модель може включати змінні, такі як обсяг стейблкоїнів, волатильність криптоактивів і ліквідність банківської системи. Наприклад:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + \epsilon_t, \quad (2.2)$$

де C_t – споживання;

I_t – інвестиції;

G_t – державні витрати;

ϵ_t – шок, спричинений кризою у ДеФі.

DSGE дозволяє прогнозувати, як обвал стейблкоїна (наприклад, UST у Terra-Luna) впливає на глобальну ліквідність, інфляцію чи кредитування. Модель може враховувати ефекти втечі до якості (flight-to-quality), коли інвестори масово переходять із криптоактивів до традиційних інструментів.

Основні переваги використання DSGE полягають у можливості комплексного аналізу взаємозв'язків між цифровим і традиційним секторами, моделюванні різних сценаріїв розвитку, включно з варіантами впровадження CBDC як інструменту стабілізації [179; 182]. Водночас існують обмеження, зокрема висока обчислювальна складність та потреба у великому обсязі даних, які часто є недоступними або фрагментарними в децентралізованих системах. Крім того, моделі такого типу базуються на припущеннях про раціональну поведінку економічних агентів, що не завжди корелює з ірраціональними реакціями учасників ринку криптовалют.

Мережевий аналіз – це метод, що використовує теорію графів для моделювання взаємозв'язків між активами, платформами чи протоколами. У цифрових екосистемах він дозволяє ідентифікувати "центральні вузли" (highly connected nodes), які можуть стати джерелами системного ризику [91]. Мережа представлена як граф:

$$G = (V, E), \quad (2.3)$$

де V – вершини (активи чи платформи);

E – ребра (фінансові зв'язки, наприклад, застави чи ліквідність).

Центральність вузлів розраховується через метрики, такі як ступінь (degree), міжвузлова центральність (betweenness) або власний вектор (eigenvector centrality) [91].

У ДеФі мережевий аналіз виявляє, як збій одного протоколу може поширитися через взаємопов'язані застави чи пули ліквідності. Наприклад, крах Terra-Luna вплинув на 15 пов'язаних протоколів через спільне використання UST як застави. Дослідження БМР у 2023 році показало, що 10 % ДеФі-протоколів контролюють 80 % загальної ліквідності, створюючи вразливі місця для системного ризику [72]. Застосовуючи мережевий аналіз до цих ланих можна констатувати, що обвал одного з ключових протоколів (наприклад, Aave чи Compound) може призвести до втрат ліквідності на 30-

40 % у всій екосистемі. До переваг мережевого аналізу належить можливість візуалізації складної структури міжпротокольних взаємозв'язків і виявлення критичних точок для застосування превентивних заходів. Водночас метод стикається з труднощами інтерпретації результатів для неспеціалістів та обмеженнями, пов'язаними з фрагментарністю транзакційних даних через анонімний характер ДеФі [91]. Для наочності порівняння моделей наведено у таблиці нижче в табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Порівняння моделей оцінки ризику

Модель	Застосування	Переваги	Недоліки
VaR	Прогнозування втрат	Простота	Ігнорує екстремальні події
DSGE	Макроекономічний аналіз	Комплексність	Обчислювальна складність
Мережевий аналіз	Виявлення зв'язків	Візуалізація	Складність інтерпретації

Джерело: складено автором

Таблиця ілюструє, як кожна модель застосовується при оцінці системних ризиків у цифрових екосистемах, враховуючи їхні сильні сторони (простота VaR, глибина DSGE, наочність мережевого аналізу) та слабкі сторони (обмеження в прогнозуванні екстремальних подій, складність обчислень, інтерпретація результатів).

Кожна з моделей, застосованих для оцінки системних ризиків у цифровізованих фінансових екосистемах, має власну функціональну спеціалізацію та сфери практичного застосування. Зокрема, модель оцінки VaR виконує роль базового інструменту для інвесторів, які потребують оперативної оцінки потенційних збитків у криптоактивах. Проте її ефективність обмежується у випадках екстремальної волатильності, тому доцільним є її доповнення більш чутливими інструментами – такими як CVaR або стрес-тестуванням, що дозволяє враховувати вплив чорних лебедів та нетипових сценаріїв. Динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги, у

свою чергу, виявляють високу аналітичну цінність для регуляторів та інституційних учасників, що досліджують макроекономічні наслідки системних збоїв у сфері ДеФі. Водночас складність побудови DSGE-моделей та висока ресурсоємність обмежують їх практичне використання у режимі реального часу. Нарешті, мережевий аналіз демонструє високу результативність у виявленні вузлів концентрації ризиків та каналів трансмісії нестабільності в рамках ДеФі-екосистем. Його використання є доцільним для розробки превентивних стратегій системної стабільності, зокрема для ідентифікації системно важливих інфраструктурних елементів та оцінки їхньої вразливості. Оптимальним підходом є інтеграція цих моделей. Наприклад, комбінація VaR із мережевим аналізом дозволяє оцінити як індивідуальні втрати, так і їхній вплив на мережу, тоді як додавання DSGE забезпечить макроекономічний контекст.

Цифрова трансформація фінансових екосистем, що охоплює появу криптоактивів, ДеФі та алгоритмічної торгівлі на основі ШІ, породжує нові системні ризики, які загрожують стабільності глобальних ринків. Ці ризики включають екстремальну волатильність цифрових активів, вразливості децентралізованих платформ до шахрайства та технічних збоїв, а також потенційні флеш-краші, спричинені високочастотною торгівлею. У відповідь на ці виклики регулятори по всьому світу впроваджують нові нормативні рамки, спрямовані на зниження системних ризиків, підвищення прозорості та захисту інвесторів. До ключових ініціатив належать МіСА у Європейському Союзі, рекомендації FATF щодо боротьби з відмиванням коштів через криптовалюту, швидкісні обмеження від SEC для контролю алгоритмічної торгівлі [185] та вимоги БМР до резервів стейблкоїнів. Ці заходи не лише сприяють стабільності ринків, а й відіграють вирішальну роль у підвищенні привабливості та захисту міжнародних портфельних інвестицій у цифрову епоху. Нижче представлено детальний аналіз цих регуляторних рамок, їхніх теоретичних основ, емпіричних результатів та впливу на глобальні фінансові ринки.

У 2023 році ЄС ухвалив регламент МіСА, який став першим у світі комплексним нормативним актом, спрямованим на регулювання ринку криптоактивів і децентралізованих фінансових послуг у межах 27 країн ЄС. Регламент запроваджує низку обов'язкових стандартів, зокрема вимогу ліцензування емітентів і постачальників криптофінансових послуг, які повинні відповідати критеріям прозорості, звітності та фінансової надійності. Особлива увага приділяється регулюванню стейблкоїнів: емітенти зобов'язані забезпечити повне резервування випущених токенів фіатними активами та проходження незалежного аудиту. Крім того, платформи мають запроваджувати заходи захисту споживачів, включаючи розкриття ризиків і механізми компенсацій у разі технічних збоїв або шахрайства. Основною метою МіСА є мінімізація системних ризиків, що виникають внаслідок нестабільності криптоінструментів (зокрема, краху TerraUSD у 2022 році), а також забезпечення прозорості та інституційної довіри до ринку цифрових активів. Відповідно до звіту Chainalysis, після початку впровадження положень МіСА у 2024 році волатильність основних стейблкоїнів (USDT, USDC) знизилася на 15 % у порівнянні з попереднім роком, що свідчить про стабілізуючий вплив регулювання на ринок і зростання довіри інвесторів [93].

Оновлені у 2021 році рекомендації FATF (Financial Action Task Force), міжнародної організації з боротьби з відмиванням коштів та фінансуванням тероризму, встановили жорсткі вимоги до регулювання віртуальних активів і діяльності постачальників відповідних послуг (VASP), акцентуючи на необхідності впровадження процедур ідентифікації та моніторингу. Ключовими інструментами стали правило Travel Rule, яке зобов'язує VASP передавати дані про відправника й отримувача транзакцій на суму понад 1000 доларів, аналогічно до вимог для традиційних фінансових установ, а також обов'язкова верифікація користувачів (KYC) на всіх криптоплатформах. Додатково, у сфері моніторингу транзакцій передбачено використання спеціалізованих технологій, як-от Chainalysis Reactor, що дозволяє ідентифікувати підозрілі активності. Основною метою цих заходів є зниження

ризиків відмивання коштів і фінансування тероризму, які залишаються критичними загрозами для фінансової стабільності через високий рівень анонімності криптовалют. Згідно зі звітом FATF за 2023 рік, впровадження Travel Rule на біржах Binance і Coinbase дозволило зменшити обсяг підозрілих транзакцій [129], що, своєю чергою, сприяло підвищенню рівня довіри з боку інституційних інвесторів і розширенню притоку капіталу в регульовані криптоактиви.

Однією з ключових регуляторних ініціатив у сфері алгоритмічного трейдингу є впровадження так званих швидкісних обмежень (speed bumps), що передбачають навмисне уповільнення виконання ордерів з метою зниження ризиків, пов'язаних із високочастотними торговими стратегіями. Комісія з цінних паперів і бірж США (SEC) підтримує ідею встановлення латентного порогу (latency floor), який забезпечує мінімальну затримку (наприклад, 350 мс) між подачею та виконанням ордеру з метою недопущення маніпулятивних операцій та флеш-крешів [173]. Додатково передбачено обов'язкову сертифікацію торговельних алгоритмів, що зобов'язує трейдерів проходити тестування моделей на предмет ризиків перед запуском у ринок. Метою є мінімізація раптових обвалів, подібних до флеш-крешу 2010 року, коли автоматизовані системи спричинили масове падіння індексів на американських біржах. Емпіричні результати впровадження таких заходів підтверджують їхню ефективність: зокрема, біржа IEX, яка однією з перших запровадила speed bumps у 2016 році, зафіксувала зменшення частоти флеш-крешів [173]. Це свідчить про дієвість адаптивного регулювання у сфері алгоритмічного трейдингу для зниження системних ризиків та захисту інституційних інвесторів.

БМР запроваджує глобальні стандарти для стейблкоїнів, які мають на меті зміцнення фінансової стабільності та запобігання системним потрясінням. Зокрема, вимоги передбачають обов'язкове забезпечення повної ліквідності шляхом резервування активів у високоліквідній формі, зокрема фіатних валютах або державних облігаціях [72; 179]. Однією з ключових умов

є забезпечення прозорості резервів через регулярні аудити, що підтверджують реальну спроможність емітентів виконувати зобов'язання. Також частина резервів повинна бути доступною для негайного викупу токенів, аби запобігти втраті прив'язки до базового активу – ситуації, яка у 2022 році спричинила крах стейблкоїна UST і масштабні ринкові збитки.

Регуляторні підходи спираються на дві ключові наукові концепції: теорію фінансової стабільності та теорію агентів. Теорія фінансової стабільності передбачає що фінансові ринки схильні до ендогенної нестабільності через спекулятивні бульбашки та надмірну залежність від боргових інструментів [172]. У контексті цифрових активів регулятори виступають як стабілізатори, впроваджуючи механізми для запобігання системним збоям, такі як резервування стейблкоїнів чи швидкісні обмеження. А також, теорія агентів, яка пояснює необхідність регулювання для зменшення інформаційної асиметрії між учасниками ринку [130]. Наприклад, вимоги KYC і Travel Rule від FATF забезпечують прозорість транзакцій, знижуючи ризик шахрайства та підвищуючи довіру інвесторів. Ці теорії адаптуються до цифрових екосистем, де традиційні посередники замінені алгоритмами та смарт-контрактами, що вимагає нових інструментів регулювання.

У контексті цифровізації міжнародних фінансових ринків особливого значення набуває аналіз динаміки портфельного капіталу, що реагує на зміну параметрів ризику, дохідності та інформаційної доступності. Класична портфельна теорія, започаткована Г. Марковіцем, визначає ефективність інвестиційного портфеля як баланс між очікуваною дохідністю та рівнем ризику, при якому диверсифікація активів із низькою кореляцією дозволяє мінімізувати загальну волатильність. У глобальному контексті це означає, що міжнародна диверсифікація повинна знижувати системний ризик і підвищувати стійкість фінансових систем навіть за умов високої невизначеності. Проте цифрова трансформація ринків і поява нових класів активів – зокрема криптовалют – поставили під сумнів традиційні уявлення про захисні властивості диверсифікації. В умовах кризи або підвищеної

волатильності портфельна логіка поведінки інвесторів зазнає змін, що потребує перегляду стандартних підходів до управління ризиками.

У цифрову добу аналіз системних ризиків на глобальних фінансових ринках набуває нових акцентів, зокрема через зміну структури портфельного інвестування. Дослідження динаміки ризику та дохідності в розрізі розвинених, ринків, що розвиваються, та прикордонних ринків свідчить про наявність чітких структурних патернів, які активізуються у кризові періоди. Зокрема, в умовах зростання волатильності рівень асиметрії між групами ринків помітно знижується, що змушує інвесторів перерозподіляти капітал на користь більш захищених сегментів – передусім розвинених ринків. Так, у 2008 році зафіксовано найнижчий рівень структурної асиметрії ($\sigma = 1.0$), що супроводжувалося збільшенням частки розвинених ринків у глобальних портфельних зобов'язаннях до 77,6 % [84].

Пізніші дослідження підтверджують, що у фазах високої волатильності (зокрема, у 2011, 2015 та 2020 роках) типові показники ризику та дохідності набувають зворотного характеру: прибутковість знижується, а ризики зростають, формуючи негативне значення коефіцієнта Шарпа (в середньому – 0,19), що сигналізує про зниження ефективності ризику до прибутку для менш стабільних ринків [86]. Це стимулює перетік інституційного капіталу до активів із нижчим ризиком та вищою передбачуваністю, особливо в умовах глобальної невизначеності.

У такій конфігурації включення цифрових активів до портфельних структур створює додатковий рівень складності та ризику. Їхня поведінка в кризових умовах не лише не суперечить загальним закономірностям капітального перерозподілу, а й часто посилює системні загрози, оскільки характеризується значно вищою волатильністю, низькою ліквідністю в стресових фазах і високою залежністю від очікувань ринку.

Інтеграція цифрових активів до інвестиційних портфелів, особливо коли їхня частка перевищує 10–15 %, призводить до суттєвого зростання волатильності та підвищення системного ризику. На основі даних за період

2017–2025 років, річний показник стандартного відхилення прибутковості Bitcoin становить приблизно 70,4 %, а Ethereum – 90,3 %. Для порівняння, аналогічний показник традиційного індексу S&P 500 дорівнює лише $\approx 19,2$ %, що в 3–5 разів нижче. Отже, портфелі з високою часткою криптоактивів стають більш уразливими до ринкових коливань і характеризуються широким діапазоном потенційних збитків. Зростання волатильності та системного ризику зумовлене кількома ключовими факторами: ринкова контагія - збільшення взаємозв'язків між цифровими активами та традиційними фінансовими ринками сприяє швидкому поширенню фінансових потрясінь. Особливо це помітно під час криз, коли канали контагії активізуються, посилюючи нестабільність; технічні вразливості - цифрова фінансова інфраструктура, зокрема смарт-контракти та ДеФі-протоколи, може мати слабкі місця в програмному коді або ставати мішенню кібератак. Це підвищує ризик несподіваних втрат капіталу для інвесторів. Нестабільна кореляція з традиційними ринками, Bitcoin і Ethereum часто розглядаються як активи з низькою або негативною кореляцією до традиційних ринків, дані за 2017–2025 роки показують, що ця кореляція є непостійною. У довгостроковій перспективі середній коефіцієнт кореляції між Bitcoin і S&P 500 становить $\approx 0,27$, а між Ethereum і S&P 500 – $\approx 0,29$, що вказує на помірну взаємозалежність. Однак у короткостроковому горизонті (наприклад, 30-денне вікно) кореляція може варіюватися від негативних значень (до $-0,5$) до високих позитивних (до $0,8$). Така мінливість ускладнює використання криптоактивів як інструментів хеджування чи диверсифікації. Високі значення кореляції (наприклад, $0,7$) спостерігаються епізодично, переважно під час системних шоків, таких як криза в березні 2020 року чи середина 2022 року, коли активи реагують синхронно через макрофінансовий тиск. Асиметрія інформації - недостатня прозорість звітності, слабка регуляція та значна частка роздрібних інвесторів призводять до того, що учасники ринку часто не мають повної інформації про реальні ризики та вартість цифрових активів. Це підсилює невизначеність і волатильність.

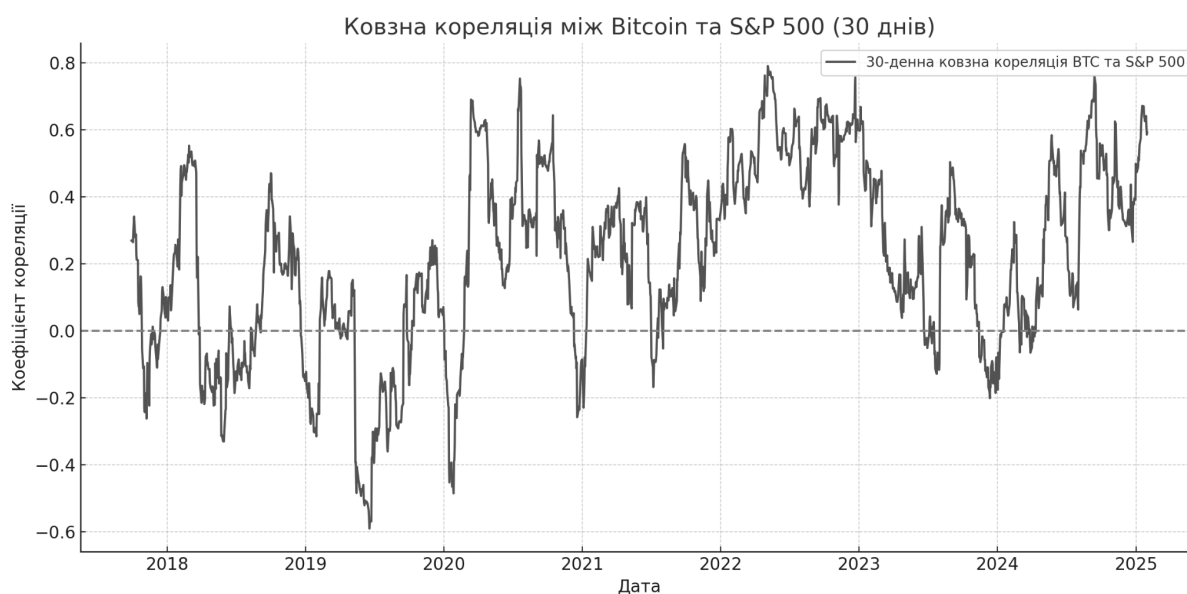


Рис. 2.1 Ковзна 30-денна кореляція між ціною Bitcoin та індексом S&P 500 у 2017–2025 рр.

Джерело: складено автором на основі щоденних цін закриття BTC та SPX, дані Binance та Yahoo Finance відповідно.

Рисунок ілюструє, що кореляція між Bitcoin та індексом S&P 500 у короткотерміновому часовому вікні протягом 2017–2025 років є нестабільною та зазнає значних коливань. Отже ми маємо, позитивну кореляцію у 2020, 2022 та 2024 роках, де кореляція перевищувала 0,6, що свідчить про синхронний рух Bitcoin та S&P 500. У такі періоди ці активи рухалися в одному напрямку, реагуючи на схожі ринкові фактори. Негативну кореляцію у 2018, 2019 та 2023 роках, коли кореляція знижувалась до $-0,5$, вказуючи на розбіжність або зворотну динаміку між ринком криптовалют і традиційними фінансовими ринками. Ці коливання підкреслюють нестійкий зв'язок між Bitcoin та традиційними активами. Особливо помітна ця нестабільність під час ринкової турбулентності, коли поведінка Bitcoin може різко змінюватися. Така мінливість ускладнює прогнозування його динаміки та знижує його цінність як стабільного інструменту для хеджування чи диверсифікації в інституційних портфелях. Отже, висока волатильність кореляції підвищує системні ризики, пов'язані з крипто експозицією, і підриває ефективність класичних стратегій

управління портфелем, які базуються на передбачуваних залежностях між активами.

За даними дослідження Fidelity Digital Assets, понад 50 % інституційних інвесторів у США та ЄС уже включили цифрові активи до своїх портфелів [307]. Типова структура таких інвестицій виглядає наступним чином: 15 % у Bitcoin (BTC), 10 % у Ethereum (ETH), 5 % у стейблкоїнах (USDC, USDT).

Цей розподіл відображає умовно консервативний підхід до інтеграції криптовалют у диверсифіковані портфельні стратегії міжнародного інвестування. Проте навіть за такої збалансованої структури цифрові активи залишаються джерелом підвищеного ризику. По перше, висока волатильність – ціни на Bitcoin та Ethereum можуть зазнавати різких коливань, що ускладнює прогнозування їхньої поведінки. По друге, недостатню регуляторну визначеність – відсутність чітких правил на глобальному рівні підвищує юридичні та операційні ризики. По третє, змінну кореляція з традиційними ринками – як зазначено вище, нестабільна кореляція з S&P 500 робить криптовалюти ненадійними для стабільного хеджування. Особливо критичною ця проблема стає під час ринкових шоків. У таких умовах цифрові активи часто не лише не виконують функцію захисту портфеля, а й можуть підсилювати загальні втрати, погіршуючи фінансовий результат.

Таблиця 2.11

Порівняння параметрів традиційного та цифрового портфеля інституційного інвестора

Параметр	Традиційний портфель	Портфель із криптоекспозицією
1	2	3
Середнє річне стандартне відхилення (%)	S&P 500: 19,2 %	Bitcoin: 70,4 %, Ethereum: 90,3 % [185]
Коефіцієнт кореляції з S&P 500	базовий актив, повністю корелює з собою	BTC: 0,27, ETH: 0,29

1	2	3
Хвостовий ризик (tail risk)	Помірний – розподіл близький до нормального	Високий (екстремальний “fat-tail” розподіл, часті провали >20 %)
Вплив “чорного лебедя”	Частково амортизований через ринкову регуляцію	Потенційно катастрофічний – приклад: Terra, FTX
Інформаційна прозорість	Висока (регулятори, звітність, аудити)	Нерівномірна: від повної прозорості (наприклад, USDC) до анонімної (наприклад, BTC)

Джерело: складено автором

Портфелі суттєво відрізняються за рівнем ризику та волатильності. Традиційний портфель, який базується на акціях S&P 500, демонструє стабільну волатильність на рівні 19,2 % на рік у середньому. Це означає, що коливання вартості портфеля є відносно передбачуваними та помірними. Крім того, він має помірний хвостовий ризик (ймовірність екстремальних втрат є обмеженою) та захист інституційними механізмами (зупинка торгів у разі різких падінь, нормативи ліквідності та регулярний аудит забезпечують додаткову стабільність і безпеку). Ці фактори роблять традиційний портфель привабливим для інвесторів, які віддають перевагу стабільності та меншому ризику. Якщо до портфеля додати навіть консервативну частку 10–15 % у Bitcoin та Ethereum, ризик значно зростає через високу волатильність криптовалют: Bitcoin перевищує 70 % Ethereum - понад 90 % на рік [185]. Такий рівень нестабільності означає, що портфель із криптоекспозицією має значно ширший діапазон потенційних втрат порівняно з традиційним портфелем. Наприклад, різке падіння вартості BTC чи ETH може суттєво вплинути на загальну результативність портфеля, навіть якщо їхня частка невелика. Важливо також, що кореляція BTC та ETH з S&P 500 є нестійкою: у довгостроковій перспективі вона залишається на рівні 0,27–0,29, але за графіком ковзної кореляції спостерігаються епізоди як сильного зближення (до 0,8), так і від’ємних значень (до –0,5), що ускладнює прогнозування та портфельне балансування. Цифрові активи, на відміну від традиційних

фінансових інструментів, часто функціонують без інституційної підтримки з боку центральних контрагентів. Це значно підвищує ризик втрати ліквідності під час ринкових потрясінь, що може ускладнити або навіть унеможливити продаж таких активів без суттєвих втрат вартості для інвесторів у кризових умовах. Щоб краще зрозуміти ці ризики, розглянемо конкретні приклади та їхній вплив на інвесторів. Традиційні фінансові інструменти, такі як акції чи облігації, зазвичай мають гарантію наявності покупців або продавців завдяки участі центральних контрагентів та розвиненій ринковій інфраструктурі. Натомість цифрові активи, зокрема ті, що функціонують у ДеФі, часто залежать від технологічних протоколів і довіри учасників ринку. У разі технологічних збоїв, регуляторних змін чи втрати довіри ліквідність таких активів може різко зникнути.

Моделі оцінки системного ризику портфель з крипто експозицією. Інституційні інвестори, що включають цифрові активи до складу своїх портфель, стикаються з підвищеним системним ризиком. Для адекватної оцінки ризиків у таких умовах класичні підходи, зокрема модель VaR, виявляються обмежено ефективними, особливо з огляду на високу волатильність та асиметричність розподілу дохідностей криптоактивів. Тому доцільно застосовувати більш гнучкі моделі, як-от CVaR, що дозволяє оцінити середні втрати у найгірших сценаріях. Таким чином, було проведено розрахунки VaR та CVaR для умовного портфель. Методологія розрахунку наступна: для аналізу було сформовано два портфелі: Традиційний портфель: 65 % акції (S&P 500), 35 % облігації (IEF); Портфель з криптоекспозицією: 65 % акції (S&P 500), 20 % облігації (IEF), 10 % Bitcoin (BTC), 5 % Ethereum (ETH).

Дані охоплюють період з 17.08.2017 по 31.01.2025, і для кожного активу використовувалися щоденні ціни закриття. Було розраховано щоденні дохідності, на їх основі – середню річну дохідність, а також значення VaR і CVaR на рівні довірчого інтервалу 95 %.

**Value-at-Risk та Conditional Value-at-Risk для двох конфігурацій
портфельів (2017–2025)**

	VaR (95%)	CVaR (95%)	Середня річна дохідність
Традиційний портфель	–1,18 %	–1,89 %	8,5 %
Портфель з криптоекспозицією	–1,72 %	–2,78 %	19,4 %

Джерело: розраховано автором

Розрахунки показують, що портфель із крипто експозицією забезпечує майже вдвічі вищу середню річну дохідність порівняно з традиційним, однак і ризики суттєво вищі. Відтак, VaR (95 %) для портфеля з BTC та ETH становить –1,72 %, що на 50 % більше за VaR традиційного портфеля. Ще виразніше відмінність у значеннях CVaR (95 %): –2,78 % проти –1,89 % – де різниця досягає майже 1 % , що свідчить про більш суттєві втрати у найгірших сценаріях. Зростання CVaR у випадку інтеграції криптовалют демонструє високу хвостову чутливість портфеля до стресових подій на криптовалютних ринках, недостатню ефективність диверсифікації в умовах кризових ситуацій, коли кореляція між традиційними та цифровими активами посилюється, а також вказує на необхідність застосування більш розвинених та чутливих до екстремальних ситуацій моделей управління ризиками, таких як сценарне моделювання, CVaR та мережеві аналітичні підходи. Хоча додавання криптоактивів підвищує дохідність, воно також значно збільшує системний ризик, що має враховуватися під час формування стратегії міжнародного портфельного інвестування. Таким чином, цифрові активи виступають як подвійний фактор: вони не лише відкривають нові інвестиційні можливості, а й формують критично важливий компонент системного ризику, який потребує інтеграції новітніх аналітичних методів в оцінку портфельної стійкості.

Міжнародні регулятори активно реагують на зростаючі ризики, пов'язані з криптовалютами в інвестиційних портфелях інституційних інвесторів. Регуляторні органи прагнуть посилити контроль та захист фінансової стабільності, впроваджуючи чіткі нормативні обмеження, які мінімізують ризики, пов'язані з цифровими активами. Зокрема, БМР у 2023 році встановив надзвичайно високий коефіцієнт ризику в розмірі 1250 % для криптоактивів другого класу, тобто активів, які не мають стабільного резервного забезпечення. Цей рівень ризику фактично унеможливорює використання таких криптоактивів у капітальній базі банків, оскільки банки повинні утримувати капітал, що дорівнює повній вартості таких активів [309]. Іншим прикладом є Європейський центральний банк (ЄЦБ) і Європейський банківський орган (ЕВА), які запропонували жорсткі обмеження на криптоекспозицію банків, встановивши максимальну межу у 2 % від їхнього загального інвестиційного портфеля. Крім того, регулятори наполягають на регулярному проведенні стрес-тестів із моделюванням криптовалютних сценаріїв, таких як обвали стейблкоїнів, значні коливання цін ключових криптовалют або хакерські атаки на великі біржі та ДеФі-платформи. В США SEC суттєво посилила вимоги до прозорості для біржових фондів (ETF) і хедж-фондів, які включають криптовалютні активи у свої інвестиційні стратегії. Нові вимоги передбачають обов'язкове розкриття інформації про потенційні ризики, включаючи втрати від високої волатильності криптоактивів, ризики втрати коштів унаслідок банкрутства контрагентів, технологічні ризики (наприклад, злом платформи) та регуляторні ризики. Таким чином, міжнародна регуляторна відповідь на криптовалютну експозицію спрямована на суттєве посилення контролю та захисту фінансових ринків, з метою мінімізації системних ризиків, які виникають унаслідок швидкого зростання криптоактивів у інституційних портфелях..

Цифровізація фінансових ринків докорінно змінює принципи управління портфелем міжнародних інвесторів, створюючи новий системний вимір ризику. Зростаюча кореляція між цифровими активами та традиційними

фінансовими інструментами, виникнення нових каналів передачі ризиків через ДеФі та стейблкоїни, а також низька прозорість та технологічні вразливості крипто протоколів створюють комплекс викликів, які не можуть бути ефективно подолані за допомогою класичних підходів до оцінки та управління ризиками.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що цифровізація фінансових ринків формує принципово новий вимір системного ризику, який характеризується екстремальною волатильністю, складною мережею взаємозалежностей та низькою прозорістю цифрових екосистем. Ідентифіковано ключові джерела нестабільності – від ДеФі-протоколів і стейблкоїнів до високочастотної торгівлі й непрозорих ШІ-моделей, – які здатні провокувати каскадні ефекти глобального масштабу. Обґрунтовано доцільність використання розширених моделей оцінки ризику (VaR, DSGE, мережевий аналіз), що враховують нові цифрові фактори системного впливу. Доведено необхідність інтегрованого регуляторного підходу, що поєднує превентивний моніторинг, стрес-тестування та інституційне регулювання цифрових інструментів, – з метою мінімізації ризиків для міжнародної фінансової стабільності та захисту портфельних інвестицій в умовах зростаючої цифрової турбулентності.

2.5. Трансформація міжнародних фінансових інституцій під впливом цифровізації

У сучасних умовах цифрова трансформація стала не просто технологічною інновацією, а ключовим детермінантом еволюції фінансових інституцій. Цей підрозділ присвячено глибокому аналізу того, як цифровізація змінює функції, організаційну структуру, моделі взаємодії та системні зв'язки між учасниками фінансової екосистеми. Метою є здійснити теоретичне узагальнення концепцій цифровізації фінансів та систематизувати її вплив на трансформацію міжнародних фінансових інституцій, а також – оцінити

трансформаційний вплив цифрових технологій на організаційну структуру, функціональні ролі й способи взаємодії, включно з формуванням нових типів суб'єктів фінансового ринку. Особлива увага приділена уточненню концептуальних основ цифрової трансформації інституцій шляхом поетапного аналізу змін, що відбуваються у їхніх функціях, структурах і моделях поведінки. Підхід, реалізований у межах цього підрозділу, дозволяє комплексно інтерпретувати цифровізацію не лише як технологічне явище, а як системну інституційну трансформацію в умовах нової економіки.

Цифровізація стала ключовим фактором трансформації фінансових інституцій, радикально змінюючи їхні функції, організаційні структури та моделі взаємодії з клієнтами й ринками. Еволюція фінансових технологій пройшла кілька етапів – від FinTech 1.0 (1866–1987) до FinTech 3.5 у країнах із новітніми цифровими інноваціями. Кожна з цих фаз приносила нові інструменти й суб'єкти на ринок, сприяючи не лише глобалізації, але й появі нових викликів для регуляторів [42]. Цифрова трансформація фінансової системи є парадигматичним зрушенням, що бере початок ще в 1960-х роках із переходу до електронного документообігу, але набула особливої динаміки після Глобальної фінансової кризи 2008 року. Саме тоді на передній план вийшли технології Фінтех і RegTech: перші – орієнтовані на інновації в наданні фінансових послуг, другі – на автоматизацію регуляторного нагляду та звітності. Ці інструменти не лише підвищують ефективність, але й ускладнюють фінансову архітектуру, стимулюючи зміну регуляторних підходів [41].

У науковій літературі цифровізація фінансів систематизується через три ключові поняття. 1) Цифровізація як процес переведення аналогових даних у цифровий формат; 2) Цифровізація як процес впровадження цифрових технологій для трансформації бізнес-моделей; 3) Цифрова трансформація, що визначається як стратегічна перебудова організаційної структури й принципів діяльності інституцій. Ці концепти дозволяють комплексно оцінити вплив таких технологій, як ШІ, блокчейн і хмарні обчислення, які не лише

відкривають нові можливості, але й створюють нові виклики для традиційних моделей банківської діяльності [156].

У рамках невинної цифрової трансформації суттєво змінюється архітектура та логіка функціонування міжнародних фінансових інституцій. Традиційні моделі банківського обслуговування, які раніше базувалися на фізичній присутності, поступаються місцем цифровим платформам – онлайн-і мобільному банкінгу, цифровим гаманцям і додаткам на базі ШІ. Такий зсув спричинив переосмислення поняття банківської доступності, розширивши її рамки за межі фізичних філій і забезпечивши цілодобовий персоналізований доступ до фінансових послуг. Крім зручності, цифровізація стала драйвером зниження операційних витрат, підвищення ефективності управління ризиками та адаптації стратегій до очікувань цифрових клієнтів. Інтеграція технологій штучного інтелекту, машинного навчання та аналітики великих даних дозволила фінансовим установам перейти до нової моделі прийняття рішень, заснованої на аналізі в реальному часі, прогнозного моделюванні та виявленні аномалій. Одночасно технологія блокчейн і криптовалюти трансформують платіжну інфраструктуру, відкриваючи нові можливості для транскордонних розрахунків, диверсифікації активів та формування децентралізованих фінансових сервісів. Ці зміни формують нову інституційну логіку: від централізованих систем – до гібридних і саморегульованих моделей, у яких гнучкість і швидкість стають визначальними характеристиками конкурентоспроможності [1].

Цифровізація переосмислює не лише процеси, але й структуру взаємодії учасників фінансової екосистеми. Формується інноваційна цифрова екосистема, де банки, фінтех-компанії та регулятори функціонують у новій конфігурації. Ключовими драйверами цієї екосистеми виступають інтерфейс прикладного програмування (API), великі масиви даних, машинне навчання та децентралізовані технології (блокчейн). API відкривають доступ до банківських сервісів стороннім постачальникам, що дозволяє будувати відкриті моделі взаємодії між традиційними інституціями та фінтех-

платформами. Це сприяє формуванню платформи-орієнтованих банків, де інституція інтегрує зовнішні послугу. Великі масиви дані трансформують підходи до прийняття рішень – на базі аналітики поведінкових і фінансових даних банки створюють адаптивні кредитні та інвестиційні продукти. Машинне навчання дозволяє інституціям автоматизувати процеси скорингу, виявлення шахрайства, управління ризиками та створення персоналізованих сервісів. У результаті, управлінські функції дедалі більше перекладаються на автономні алгоритми ШІ. В свою чергу, блокчейн сприяє децентралізації фінансової архітектури, забезпечує прозорість і незмінність транзакцій, що відкриває нові можливості для скорочення витрат, цифрової ідентифікації та створення альтернативних каналів клірингу і розрахунків. Значну роль у цьому відіграє відкритий банкінг, зокрема в контексті Директиви PSD2 ЄС, що зобов'язує банки надавати третім сторонам доступ до клієнтських даних через API. Це змінює саму природу банків – від інституцій до платформ для інтеграції зовнішніх сервісів [196].

Фінтех у цьому контексті постає як технологічно підкріплена інновація, яка змінює способи надання фінансових послуг, знижує транзакційні витрати та розширює доступ до фінансів. Застосування таких технологій, як ШІ та машинне навчання, блокчейн і хмарні рішення, забезпечує не лише автоматизацію, але й персоналізацію фінансових послуг [45]. Одним з наслідків цифрової трансформації є зміна бізнес-моделі банків: скорочення мережі фізичних відділень, перехід до мобільних додатків, заміна людської взаємодії автоматизованими сервісами. Такий підхід, домінуючий у цифрових банках, передбачає мінімізацію витрат і зосередженість на ефективному зборі та аналізі даних для ухвалення рішень [108]. Істотну роль у трансформації відіграє сегмент фінтех-кредитування, що, за визначенням Financial Stability Board, охоплює кредитну діяльність через електронні платформи поза традиційною банківською системою. У межах цієї структури виокремлюють два типи платформ: допоміжні (p2p та краудфандинг) і посередницькі (необанки з власним кредитним портфелем). Вони змінюють парадигму

посередництва, розподілу ризиків і відповідальності, формуючи нову архітектуру взаємодії між учасниками ринку [99]. Таким чином, теоретичне узагальнення концепцій цифровізації дозволяє зробити висновок, що її вплив не обмежується модернізацією технологій обслуговування [9], а має глибокий інституційний характер. Переходячи до цифрової трансформації, фінансові інституції не лише адаптують бізнес-моделі до нових умов, а й змінюють фундаментальні принципи своєї організації, включаючи децентралізацію управління, інтеграцію даних у процес прийняття рішень і переосмислення ролі клієнта. Ці зміни є безпосереднім проявом трансформації, що є центральним фокусом дослідження дисертаційного дослідження.

Цифровізація також впливає на організаційні форми та структури фінансових інституцій. Відбувається перехід від централізованих систем управління до створення внутрішніх цифрових підрозділів, розширення функцій IT-департаментів, децентралізації прийняття рішень і інтеграції нових ролей, пов'язаних із даними, аналітикою та кібербезпекою. У результаті трансформація відбувається на трьох рівнях: змінюються бізнес-моделі, адаптуються організаційні форми, виникають нові ринкові суб'єкти, такі як фінтехи та нео-банки [156]. Цифрові технології суттєво змінюють організаційну структуру фінансових інституцій, спричиняючи перегляд традиційних управлінських моделей, зменшення фізичної інфраструктури, централізацію функцій і створення нових внутрішніх підрозділів. У цьому контексті спостерігається три ключові вектори трансформації: модернізація внутрішніх структур, еволюція систем взаємодії та інституціоналізація цифрових компетенцій.

По-перше, трансформація проявляється на трьох рівнях: змінюються бізнес-моделі, відбувається перехід до платформи-орієнтованої організації; адаптуються внутрішні управлінські структури через інтеграцію технологічних підрозділів у стратегічне ядро; з'являються нові суб'єкти – фінтехи, нео-банки, партнерські гравці з BigTech-індустрії. Як вказує звіт БМР, банки дедалі більше покладаються на мобільні застосунки, що дозволяє

зменшити кількість філій і скоротити операційні витрати [108]. Це також сигналізує про зміну пріоритетів – від фізичної присутності до цифрової зручності. По-друге, цифровізація суттєво змінює організаційні форми та структури фінансових інституцій, ініціюючи глибоку трансформацію традиційної управлінської архітектури. Відбувається перехід від централізованих ієрархій до адаптивних, цифрово орієнтованих структур, що включають створення внутрішніх цифрових підрозділів, розширення функцій IT-департаментів, децентралізацію ухвалення рішень та впровадження нових управлінських ролей. Зокрема, йдеться про спеціалізовані позиції – Chief Digital Officer (CDO), Chief Data Officer (CDO), Chief Innovation Officer (CIO), відповідальних за реалізацію цифрових стратегій. Ці структурні зміни формують нову інституційну логіку, яка спирається на цифрову експертизу, гнучкість та дані як ключовий актив [156]. Окрім цього, цифровізація змінює структуру управління ризиками – банки створюють комітети з цифрових ризиків, а провідні гравці – такі як Goldman Sachs і JP Morgan – централізують ці функції в глобальних хабах (наприклад, у Бангалорі), де впроваджують IT-системи для обробки даних у реальному часі [135; 41]. Також, у відповідь на нові типи загроз (зокрема, цифрове шахрайство), інституції активно співпрацюють із технологічними компаніями над впровадженням превентивних рішень – таких як «confirmation of payee», що змінює внутрішні операційні моделі [141]. Це підтверджує тенденцію переходу від жорстких внутрішніх структур до динамічної, відкритої організації з високою цифровою інтеграцією.

Усі зазначені зміни відображаються на рівні конкретних організаційних рішень та інституційних практик, що дедалі частіше набувають системного характеру. Для цілісного узагальнення ключових аспектів трансформації організаційної структури фінансових інституцій доцільно виділити шість основних векторів змін: у структурі управління, кадровому складі, автоматизації функцій, регуляторній взаємодії, зовнішній співпраці та внутрішніх процесах. Усі вони взаємопов'язані та відображаються в табл. 2.13

нижче, що репрезентує інституційний вимір цифровізації фінансів у розрізі структурних змін. Таке структурування дозволяє не лише ілюструвати масштаби трансформації, а й забезпечити аналітичне підґрунтя для оцінки впливу цифрових технологій на трансформацію організаційної структури фінансових інституцій.

Таблиця 2.13

Структурні зміни у фінансових інституціях під впливом цифровізації

Аспект	Зміни через цифровізацію	Приклади
Організаційна структура	Централізація управління ризиками, скорочення фізичних відділень	Глобальні хаби (Goldman Sachs), перехід до мобільного банкінгу
Нові посади	Chief Digital Officer (CDO), Chief Data Officer (CDaO), Chief Innovation Officer (CIO), спеціалізовані цифрові підрозділи	Найм персоналу з IT-кваліфікацією
Автоматизація	Впровадження ШІ та машинного навчання, AML, KYC	Автоматизовані системи моніторингу
Взаємодія з регуляторами	Надання даних у реальному часі, участь у регуляторних пісочницях	Спільні сервіси, експерименти в межах PSD2
Співпраця з зовнішніми гравцями	Партнерства з ФінТех, GAFA; інтегровані або white-label рішення	Goldman Sachs + Apple; API на базі SaaS
Трансформація внутрішніх процесів	Перехід на хмарні обчислення, аутсорсинг розробки через ФінТех	Делегування інновацій зовнішнім командам, розвиток відкритих API

Джерело: складено на основі [41; 108; 141; 156; 181]

Важливою тенденцією є поява гібридних моделей, де традиційні банки інтегруються з платформами фінтех-кредитування, а також нефінансовими компаніями – такими як e-commerce чи IT-компанії, що пропонують фінансові послуги як додаткову діяльність. Згідно з даними FSB, структурна вага таких

платформ у сфері фінтех-кредитування вже становить до 45% у випадку фінансових установ, 28% – у небанківських організацій та 22% – у фінансових компаній [99]. Цифровізація також трансформує системи взаємодії, адже, банки дедалі частіше вдаються до партнерств із Фінтех та BigTech-компаніями. Застосовуються моделі white-label (фінтех-рішення під брендом банку) та SaaS-рішення, розміщені всередині ІТ-інфраструктури банків. Широко використовуються регуляторні пісочниці як простір для тестування інновацій у співпраці з регуляторами, що сприяє збереженню гнучкості й одночасному дотриманню норм [181]. На стратегічному рівні організаційна трансформація передбачає переосмислення корпоративної культури: ініціативи з цифрової трансформації часто супроводжуються програмами лідерства, створенням центрів досконалості та адаптацією до омніканальних форматів, які поєднують фізичні та цифрові канали. Водночас автоматизація бек-офісу, інтеграція нових ІТ-систем та інтерфейсів несе ризики операційної нестабільності, організаційної інерції й технічного боргу [156]. Узагальнюючи, цифровізація організаційної структури фінансових інституцій відбувається не лише як технічне оновлення, а як комплексна управлінська та стратегічна трансформація, що включає нові ролі, функціональні блоки, змінені ланцюги команд, відкрити взаємодію з зовнішніми стейкхолдерами та глибоке перепланування внутрішніх бізнес-процесів.

Цифровізація фундаментально змінює системи взаємодії фінансових інституцій як на внутрішньому, так і на зовнішньому рівнях, водночас стимулюючи формування нових типів учасників ринку. Ці зміни охоплюють оновлення каналів зв'язку з клієнтами, інтеграцію цифрових технологій у бізнес-процеси, перехід до омніканальних моделей обслуговування та розвиток партнерств між банками, фінтехами й великими технологічними компаніями.

Відповідно до А. Папатома та Дж. Контеос (2024), банки масово переходять до омніканальної взаємодії, що включає мобільні додатки, вебплатформи, цифрові кабінети й API. Це створює нові моделі

обслуговування з безперервним досвідом клієнта, в якому фізичні точки входу доповнюються цифровими [156]. Водночас активно формується співпраця з фінтех-компаніями, які надають рішення з швидких платежів, мікрокредитування, індивідуалізованих банківських продуктів. Така взаємодія створює симбіоз між гнучкістю нових гравців і ресурсною базою традиційних банків. Цифрова трансформація фінансових інституцій, за моделлю, запропонованою А. Папатома та Дж. Контеос (2024), реалізується поетапно та охоплює три ключові фази: адаптація, зростання та трансформація. Кожен етап має власну логіку дій, орієнтацію на конкретні функціональні сфери та набір показників оцінки ефективності (PTIs – performance tracking indicators). На першому етапі – адаптації – фінансові інституції зосереджують зусилля на автоматизації бек-енд процесів, перепроєктуванні клієнтських інтерфейсів і запуску базових цифрових сервісів. У сфері стратегії й організації вимірюється частка процесів, що стали цифровими, кількість зменшених кроків на один процес, а також частка проектів із цифровим охопленням. З точки зору людського капіталу увага приділяється створенню цифрових підрозділів і рівню залученості персоналу до нових цифрових середовищ. У технічному аспекті оцінюється кількість нових технологій, час виходу на ринок і бюджет інновацій. Ціннісна пропозиція на цьому етапі включає запуск віддаленого банкінгу та CRM-систем, де ключовими метриками є кількість активних користувачів, Net Promoter Score та кількість цифрових заявок. Друга фаза – зростання – характеризується масштабуванням цифрових ініціатив. Інституції переходять до омніканальних моделей, інтегруються з фінтех-компаніями та використовують мобільно-орієнтовані підходи. Організаційно відбувається повна цифровізація підрозділів та процесів, а показники включають частку цифрових транзакцій і зменшення кроків у внутрішніх операціях. У кадровому вимірі формується окремий офіс цифрової трансформації, що забезпечує ініціативність персоналу, а також фіксується відсоток робочого часу в цифрових середовищах. Інновації охоплюють нові методології, зворотний зв'язок із користувачами та збільшення бюджету R&D. На рівні клієнтської

цінності – поширення цифрових продажів, збільшення індексу клієнтської лояльності та залучення клієнтів через нові канали. Завершальна третя фаза – трансформації – передбачає повноцінний перехід до гнучких цифрових бізнес-моделей із залученням новітніх технологій: ШІ, машинного навчання, блокчейн-платформ. У стратегічному контексті це означає одночасне ведення кількох моделей, інтелектуальну автоматизацію та збільшення витрат на R&D. Серед RTIs тут – скорочення мережі фізичних філій, динаміка індексу задоволеності клієнтів, показники витрат. З точки зору людського фактору важливою є цифрова культура: зменшення споживання паперу, рівень адаптації персоналу та результати внутрішніх опитувань. У технологічному вимірі – ефективність застосованих систем, перепроєктування процесів та зниження витрат на обслуговування. Ціннісна пропозиція на цьому етапі досягає повної диджиталізації послуг: миттєве схвалення заявок, повна інтеграція додатку з рахунками, високий рівень крос-продажів. У такий спосіб модель дає змогу системно оцінити глибину цифрової трансформації фінансових інституцій, спираючись як на організаційні процеси, так і на поведінкові та технологічні індикатори [156].

Цифровізація також трансформує функціональні ролі та можливості інституцій. Наприклад, використання машинного навчання у скорингу дозволяє обслуговувати раніше відкинуті з ринку категорії – малий бізнес, дрібних підприємців, домогосподарства без кредитної історії. У прикладі MYbank, QR-коди використовуються як інструмент доступу до фінансування без застави. Це знижує бар'єри входу та сприяє фінансовій інклюзії [108]. Разом із перевагами цифровізація породжує і нові ризики, зокрема, трансакційний характер кредитування цифровими банками може спричинити нестабільність у періоди кризи. Монополізація даних стає ще одним викликом, що призводить до дискримінаційного ціноутворення або упереджених алгоритмічних рішень. Також зростає ризик недостатнього інвестування в кібербезпеку, що становить загрозу для конфіденційності користувачів [108].

Цифрові технології також сприяють формуванню нових типів суб'єктів ринку. Необанки, ФінТех-стартапи, RegTech-компанії, великі технологічні корпорації (GAFA), а також інфраструктурні гравці (SWIFT, NASDAQ) суттєво розширюючи екосистему фінансових послуг. Регулятори також адаптуються до цифрового середовища – використовують регуляторні пісочниці, автоматизовану звітність у реальному часі, інтегрують ІІІ у моніторинг транзакцій [41].

Таблиця 2.14

Нові типи суб'єктів фінансового ринку

Тип суб'єкта	Приклади	Особливості	Вплив на ринок
ФінТех-стартапи	PayPal, AliPay, Revolut, Klarna	Інновації, швидкість, необтяжені регуляціями	Конкуренція, фінансова інклюзія
Нео-банки	N26, Monzo, Chime	Відсутність філій, мобільний банкінг	Зниження витрат, персоналізація
BigTech (GAFA)	Apple, Amazon, Google	Інтеграція фінпослуг, доступ до даних	Ризики монополії, нові платформи
RegTech-компанії	IBM (Promontory Financial Group)	Автоматизація відповідності, аналітика ризиків	Оптимізація відповідності, прозорість
Інфраструктурні гравці	SWIFT, NASDAQ	Інтеграція блокчелу, модернізація клірингу	Нові стандарти обробки транзакцій
Регулятори	FCA, SEC (у рамках пісочниць)	Реал-тайм звітність, аналітика, супервізія через ІІІ	Адаптація регулювання до цифрової екосистеми

Джерело: складено автором

Вагоме значення у трансформації фінансових ринків набули технологічні гіганти, які розширили свою присутність у сфері фінансових послуг і стали новими впливовими гравцями цифрової фінансової екосистеми. Технологічні гіганти, такі як Apple, Google, Amazon і Meta (Facebook), активно проникають у фінансовий ринок, використовуючи свої цифрові екосистеми для надання фінансових послуг, таких як електронні платежі, кредитування та цифровий банкінг. На відміну від традиційних фінансових установ, ці компанії мають значні конкурентні переваги: глобальну клієнтську базу, потужні

аналітичні інструменти та інтеграцію фінансових сервісів у вже існуючі платформи. Нижче розглянемо, як кожна з цих компаній розвиває свої фінансові послуги.

Компанія Apple активно розширює свою присутність у фінансовому секторі через низку інноваційних продуктів: Apple Pay – система електронних платежів, що дозволяє швидко та безпечно проводити транзакції, Apple Card – кредитна картка, розроблена у співпраці з Goldman Sachs, яка інтегрується з додатком Wallet і пропонує зручний користувацький досвід, Apple Cash – цифровий гаманець для миттєвих переказів між користувачами через iMessage. Крім того, Apple досліджує можливості запуску власної системи BNPL (Buy Now Pay Later), що дозволить клієнтам оплачувати покупки в розстрочку, зміцнюючи позиції компанії на фінансовому ринку [145].

Тех гігант Google також інтегрується у фінансовий сектор, пропонуючи: Google Pay – платформу для швидких мобільних транзакцій, яка підтримує інтеграцію з банківськими картками та іншими платіжними системами. Google Cloud – сервіс, що надає фінансовим установам аналітичні інструменти на основі ШІ та великих масивів даних. Ці інструменти допомагають у моделюванні ризиків, управлінні кредитами та персоналізації фінансових пропозицій [145].

Amazon використовує свою величезну торговельну платформу для розвитку фінансових послуг: Amazon Lending – програма кредитування малого бізнесу, де кредитоспроможність оцінюється на основі даних про продажі на платформі, Amazon Pay – власна система транзакцій, що спрощує оплату для користувачів екосистеми Amazon. Компанія також пропонує BNPL-програми, дозволяючи клієнтам оплачувати товари частинами, що підвищує доступність покупок [145].

Світова соцмережа Meta (Facebook) також робить ставку на цифрові платежі та інноваційні фінансові продукти: Diem (раніше Libra) – спроба створити глобальну криптовалюту, яка мала стати альтернативою традиційним фінансовим системам. Хоча проект було призупинено через

регуляторний тиск, він продемонстрував амбіції компанії у цьому напрямку. Facebook Pay і WhatsApp Pay – сервіси цифрових платежів, що активно розвиваються в кількох країнах, дозволяючи користувачам здійснювати транзакції безпосередньо через платформи Meta [29]. Для глибшого розуміння масштабів та напрямів фінансової експансії технологічних гігантів – Apple, Google, Amazon і Meta (Facebook) – доцільно порівняти їхні основні сервіси, типи фінансових рішень, цільові ринки та конкурентні переваги (див. табл 2.15.)

Таблиця 2.15

Розвиток фінансових сервісів BigTech-компаній: напрями, цілі та обмеження

Компанія	Основні фінансові сервіси	Типи фінансових послуг	Цільова аудиторія	Конкурентна перевага
Apple	Apple Pay, Apple Card, Apple Cash, BNPL-система	Платежі, кредитування, перекази	Користувачі Apple (iOS), США, ЄС	Глибока інтеграція в екосистему iPhone, UX
Google	Google Pay, аналітика великих масивів даних для банків, ШІ-рішення для фінансів	Платежі, аналітика, B2B-сервіси	Масовий ринок Android, банківські клієнти	Інфраструктура Google Cloud, масштабованість
Amazon	Amazon Lending, Amazon Pay, BNPL-програми	Платежі, кредитування	МСП, споживачі Amazon	Доступ до продажів, вбудоване скоринг
Meta	Facebook Pay, WhatsApp Pay, експерименти з криптовалютами (Diem)	Платежі, криптовалюти (експеримент)	Користувачі соцмереж у країнах, що розвиваються	Глобальна мережа користувачів, месенджери

Джерело: складено автором

Таким чином, технологічні гіганти Apple, Google, Amazon і Meta активно інтегруються у фінансовий ринок, пропонуючи інноваційні послуги, що спираються на їхні цифрові екосистеми. Завдяки глобальній клієнтській базі,

передовій аналітиці даних і безкоштовній інтеграції фінансових сервісів у свої платформи вони мають значні переваги перед традиційними фінансовими установами. Незважаючи на виклики, такі як регуляторні обмеження, ці компанії продовжують розширювати свою присутність у фінансовому секторі, що свідчить про їхній зростаючий вплив на глобальну фінансову систему. У результаті цифрова трансформація системи взаємодії фінансових інституцій проявляється у переході до персоналізованих і цифрово-орієнтованих моделей обслуговування, зміні ролей і компетенцій у межах організацій, формуванні гібридних екосистем з банками, фінтехами й технологічними гігантами, появи нових учасників, які створюють конкуренцію та інновації, ускладненні регуляторного нагляду та потребі в нових механізмах контролю й координації. Таким чином, цифровізація не лише модернізує канали взаємодії, а й переосмислює саме поняття фінансової інституції в умовах мережевої, децентралізованої та технологічно гнучкої економіки.

Висновки до розділу

У другому розділі дисертації здійснено комплексне дослідження трансформаційних треків цифровізації міжнародних фінансових ринків та інституцій. Аналіз охоплює кіберризики, адаптацію регуляторних систем, проблематику цифрової інклюзії, структурні особливості системних цифрових ризиків і трансформацію інституційного середовища.

У межах підрозділу 2.1 досліджено природу та класифікацію цифрових ризиків, що виникають у фінансовому середовищі. Встановлено, що цифровізація спричинила перехід від локальних технічних інцидентів до системних кіберзагроз, які здатні дестабілізувати цілі сегменти ринку. Основними каналами поширення ризиків виступають розвиток відкритих API, блокчейн-платформ, децентралізованих фінансових сервісів і великі обсяги персональних даних. Особливу загрозу становлять високотехнологічні атаки з використанням ШІ, злами ДеФі, порушення смарт-контрактів, а також

інциденти з геополітичним підґрунтям. Визначено необхідність переходу до проактивної системи кіберзахисту, що поєднує ШІ рішення, міжнародну координацію та стандарти кіберстійкості.

Підрозділ 2.2 присвячено аналізу трансформації регуляторних підходів. Розглянуто приклади Європейського Союзу, США, Китаю та України. Встановлено, що надмірне регуляторне навантаження, як у випадку з МіСА в ЄС, може призводити до згортання інновацій і відтоку капіталу, тоді як фрагментована система США дозволяє зберігати ринкову динаміку, попри складність нормативної відповідності. Запропоновано принципи побудови сучасних регуляторних рамок цифрових фінансів: технологічна нейтральність, гнучкість, прозорість, інтеграція RegTech, а також міждержавна координація з урахуванням транскордонного характеру цифрових активів. Визначено, що регулювання цифрових валют центральних банків (CBDC) потребує багатофазного підходу з урахуванням конкуренції, стабільності, інклюзії та монетарної ефективності.

Підрозділ 2.3 присвячено оцінці впливу цифрових технологій на фінансову інклюзію. На основі міжнародних даних і українського досвіду встановлено, що цифрові фінанси значно розширюють доступ до послуг для раніше виключених груп населення. Однак водночас формуються нові бар'єри, пов'язані з цифровою грамотністю, доступом до інтернету, мовними та регіональними обмеженнями. Виокремлено структурні нерівності за гендерною, віковою та соціальною ознаками, які загострюються внаслідок алгоритмічного скорингу та відсутності прозорості в прийнятті рішень. Оцінено потенціал державної підтримки через цифрову освіту, кібербезпеку, адаптацію інтерфейсів і підтримку вразливих груп.

Підрозділ 2.4 охоплює зміну характеру системних ризиків під впливом цифровізації фінансових ринків. Встановлено, що трансформація фінансової екосистеми через поширення небанківських фінансових посередників (NBFІ), алгоритмічну торгівлю, токенизацію активів, розвиток ДеФі та впровадження ШІ суттєво змінює канали передачі ризику й підвищує загальний рівень

ринкової нестабільності. На основі кейсів краху Terra-Luna, обвалу стейблкоїнів, збоїв на платформах NFT та зростаючої синхронізації криптоактивів із фондовими індексами, підтверджено нову форму системної взаємозалежності між цифровими й традиційними ринками. Особливу увагу приділено аналізу портфельних ризиків у контексті криптоекспозиції: показано, що додавання навіть консервативної частки BTC та ETH до інституційного портфеля підвищує середню дохідність майже вдвічі, але одночасно збільшує значення CVaR на 47 %, що свідчить про погіршення поведінки портфеля в умовах стресу. Виявлено нестійку кореляцію між криптовалютами та S&P 500, яка змінюється від негативної до високопозитивної, ускладнюючи хеджування. Продемонстровано, що цифрові активи в періоди ринкових шоків не лише втрачають захисні властивості, а й можуть підсилювати загальні втрати, трансформуючи портфель на джерело системного ризику. Визначено доцільність використання адаптивних моделей ризику – CVaR, DSGE, мережевого аналізу – для оцінки нових типів загроз. Підтверджено важливість регуляторних обмежень на крипто експозицію у банках, запроваджених БМР та ЕВА (коефіцієнт 1250 %, гранична частка до 2 %), як необхідної умови фінансової стійкості у цифрову епоху.

У підрозділі 2.5 обґрунтовано, що цифровізація фінансових інституцій є не лише технічною модернізацією, а глибокою інституційною трансформацією, що змінює функціональні ролі, організаційні структури та логіку взаємодії учасників фінансової екосистеми. Дослідження показало, що впровадження технологій ШІ, машинного навчання, API, блокчейну та хмарних сервісів спричиняє перехід від ієрархічних до адаптивних, цифрово-орієнтованих моделей управління, централізацію ризик-менеджменту, автоматизацію ключових процесів і появу нових управлінських позицій (CDO, CIO). Значну роль у трансформації відіграють фінтех-компанії, необанки та BigTech-корпорації (Apple, Google, Amazon, Meta), які формують нову конкуренцію та змінюють межі ринку. Показано, що цифровізація стимулює формування гібридних екосистем, розширює роль регуляторів як аналітичних

центрів, а також потребує нової парадигми інституційного аналізу, де фінансова інституція постає як динамічний, мережевий і технологічно вбудований суб'єкт.

Загалом, у другому розділі продемонстровано, що цифровізація формує якісно нову структуру ризиків, переформатовує регуляторні підходи, підсилює фінансову інклюзію, створює умови для системних загроз і змінює саму логіку функціонування інституцій. Ці трансформації потребують синтезу технологічних інновацій, правових механізмів і нових форм міжнародного співробітництва. У наступному розділі дисертації буде здійснено спробу інтегрувати ці теоретичні положення в межах практичної апробації інструментів прогнозування фінансових ринків на основі ШІ.

РОЗДІЛ 3

ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКАХ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

3.1. Загальна характеристика моделей машинного навчання та їхні прогностичні можливості

У сучасних умовах високої волатильності фінансових ринків та постійного зростання обсягів даних, традиційні статистичні підходи до прогнозування цінових рухів дедалі частіше поступаються місцем інструментам машинного навчання. До найперспективніших серед них належать рекурентні нейронні мережі, зокрема Long Short-Term Memory (LSTM), які здатні виявляти складні часові залежності та адаптуватися до динамічних змін ринку. Їхня архітектура дозволяє ефективно моделювати фінансові часові ряди, зберігаючи контекст історичних змін на довгих часових відрізках. У відповідь на виклики нестачі якісних історичних даних і необхідність моделювання альтернативних сценаріїв, дедалі більшого поширення набувають генеративні моделі, зокрема Generative Adversarial Networks (GAN), які створюють синтетичні дані, близькі за структурою до реальних [115; 183]. Комбінація LSTM та GAN, а також використання ансамблевих стратегій (зокрема інтеграція моделей XGBoost або Transformer) формують новий клас гібридних прогностичних архітектур, здатних забезпечувати високу точність та стійкість в умовах ринкової нестабільності [67; 192]. Цей підрозділ присвячено узагальненню принципів роботи, переваг та обмежень ключових моделей машинного навчання, що застосовуються для прогнозування фінансових активів, з акцентом на їх застосовність у контексті цифрових активів та складних ринкових режимів.

Long Short-Term Memory (LSTM) – це тип рекурентної нейронної мережі (RNN), спеціально розроблений для роботи з послідовними даними та часовими рядами. Основна перевага LSTM перед стандартними RNN полягає

у здатності запам'ятовувати довготривалі залежності у даних, що робить її ідеальним інструментом для прогнозування фінансових ринків [116; 120]. LSTM-моделі стали популярними в прогнозуванні фінансових ринків через: можливість розпізнавання довгострокових патернів у цінових рядах, стійкість до проблеми зникнення градієнта, яка властива стандартним RNN, гнучкість у роботі з нестабільними фінансовими даними, що характеризуються високою волатильністю та нелінійною динамікою [102; 178]. LSTM складається з трьох основних воріт (gates): вхідні ворота (Input Gate) – визначають, яка інформація буде додана до стану пам'яті, ворота забуття (Forget Gate) – вирішують, яку інформацію з попереднього стану слід зберегти, а яку – видалити, вихідні ворота (Output Gate) – формують підсумковий вихідний сигнал на основі оновленого стану пам'яті. Ця архітектура була розроблена С. Хошреїтером та Дж. Шмітхубером (1997) і стала основою для більшості сучасних досліджень у сфері рекурентних нейромереж [102]. Математичні рівняння LSTM: Нехай x_t – вхідний вектор у момент часу t ; h_{t-1} – вихідний вектор з попереднього кроку; C_t – стан пам'яті,

Ворота забуття:

$$f_t = \sigma(W_f x_t + U_f h_{t-1} + b_f) \quad (3.1)$$

де W_f , U_f , b_f – ваги та зсуви;

σ – сигмоїдна функція активації.

Вхідні ворота:

$$i_t = \sigma(W_i x_t + U_i h_{t-1} + b_i) \quad (3.2)$$

$$C_t = \tanh(W_c x_t + U_c h_{t-1} + b_c) \quad (3.3)$$

$$C_t = f_t \odot C_{t-1} + i_t \odot C_t \quad (3.4)$$

Вихідні ворота:

$$o'' = \sigma(W_o x'' + U_o h''_{t-1} + b_o) \quad (3.5)$$

$$o'' = \sigma(W_o x'' + U_o h''_{t-1} + b_o) \quad (3.6)$$

$$h'' = o'' \odot \tanh(C'') \quad (3.7)$$

де \odot – покомпонентне множення.

Ці механізми дозволяють ефективно обробляти довгі часові залежності, що критично важливо для прогнозування фінансових активів [102].

LSTM широко використовується у фінансовій аналітиці для вирішення таких задач: прогнозування ціни активів (Bitcoin, S&P 500, золота) на основі історичних рядів [144], оцінка волатильності ринків, що є критично важливим для побудови торгових стратегій, визначення трендових змін та виявлення закономірностей у поведінці активів, автоматизація торгових алгоритмів, що базуються на глибоких нейронних мережах [102; 175]. LSTM має більш вдосконалені та архітектурно складніші варіації, що більш успішно справляються з окремими завданнями у фінансовому прогнозуванні. 1) Bidirectional LSTM — враховує як попередні, так і наступні часові кроки, використовується у завданнях, де необхідний повний контекст часової послідовності, застосування у фінансах: аналіз циклів, прогнозування реверсії трендів [178; 175]. 2) Stacked LSTM — багатошарова архітектура LSTM, що дозволяє ефективніше виявляти складні закономірності в ринкових даних, використовується для прогнозування довготривалих фінансових тенденцій [28]. 3) Recursive LSTM — прогнозує наступні значення і використовує їх як вхідні дані для подальших прогнозів, модель як правило дає більш стабільні довгострокові прогнози порівняно з базовою версією [111].

Ансамблеве навчання на основі моделей LSTM дозволяє значно покращити точність прогнозування фінансових активів завдяки інтеграції переваг різних підходів у рамках єдиної метамоделі. Зокрема, поєднання

LSTM із алгоритмами градієнтного бустингу, такими як XGBoost, дає можливість ефективно використовувати нелінійні властивості нейромереж разом із високою продуктивністю бустинг-алгоритмів у роботі з табличними та структурованими даними [67; 107].

Іншим перспективним напрямом є застосування гібридних ансамблевих архітектур, які комбінують LSTM з генеративними моделями (GAN, WGAN), що сприяє генерації якісних синтетичних часових рядів для тренування та валідації моделей в умовах обмеженої кількості реальних історичних даних [40; 183]. Також перспективним є використання ансамблевого підходу LSTM із CNN [49] або Transformer, що дозволяє більш глибоко враховувати багаторівневі закономірності у фінансових часових рядах і покращувати стійкість та адаптивність прогнозних моделей до умов високої ринкової волатильності [49; 192].

Generative Adversarial Networks (GAN) – це інноваційна модель глибокого навчання, яка складається з двох нейронних мереж: генератора та дискримінатора. Вони навчаються у змагальному процесі, де генератор намагається створити реалістичні синтетичні дані, а дискримінатор відрізняє синтетичні зразки від реальних [115; 165]. Основні переваги GAN у фінансовому аналізі: генерація високоякісних синтетичних часових рядів, що допомагає покращити точність прогнозних моделей, заповнення відсутніх даних у фінансових часових рядах [183], моделювання альтернативних ринкових сценаріїв для стрес-тестування моделей машинного навчання [134]. GAN складається з двох основних компонентів: генератора (G), який отримує випадковий шум і перетворює його у реалістичні фінансові дані, та дискримінатора (D), що аналізує, чи є отримані дані реальними чи згенерованими. Якщо математично формалізувати GAN, то генератор (G) – нейромережа, яка створює синтетичні дані, намагаючись зробити їх схожими на реальні. А дискримінатор (D) – нейромережа, яка класифікує вхідні дані як реальні або синтетичні. Метою GAN є змагання між цими двома мережами:

генератор намагається обманути дискриміратор, а дискриміратор намагається правильно розпізнати підробку [114; 115; 134].

Математична постановка задачі Нехай $x \sim P_{*+}(x)$ – реальні дані, що отримані з справжнього розподілу P_{*+} ; $z \sim P_z(z)$ – випадковий шум, який надходить на вхід генератора; $G(z)$ – дані, згенеровані нейромережею G ; $D(x)$ – ймовірність того, що дискриміратор класифікує x як реальний зразок. Цільова функція GAN формулюється як мінімаксна гра між двома мережами:

$$\begin{aligned} \min \max V(D, G) = & \quad (3.8) \\ = E_{x \sim P_{*+}(x)}[\log D(x)] + E_{z \sim P_z(z)}[\log(1 - D(G(z)))] \end{aligned}$$

де перша частина $E_{x \sim P_{*+}(x)}[\log D(x)]$ відповідає за навчання дискримінатора розпізнавати реальні дані; друга частина $E_{z \sim P_z(z)}[\log(1 - D(G(z)))]$ змушує дискриміратор розпізнавати підроблені зразки.

Для оптимізації GAN використовується градієнтний спуск, де:

Оновлення дискримінатора D :

$$\begin{aligned} \theta_D \leftarrow \theta_D + \eta \nabla_{\theta_D} E_{x \sim P_{*+}(x)}[\log D(x)] + E_{z \sim P_z(z)}[\log(1 - D(G(z)))] \end{aligned} \quad (3.9)$$

Дискриміратор намагається максимізувати правдоподібність правильних класифікацій.

Оновлення генератора G :

$$\theta_G \leftarrow \theta_G + \eta \nabla_{\theta_G} E_{z \sim P_z(z)}[\log(1 - D(G(z)))] \quad (3.10)$$

Генератор намагається мінімізувати ймовірність того, що дискриміратор відкине синтетичні дані.

До основних проблем класичної моделі GAN належать mode collapse, що проявляється у тому, що генератор починає створювати лише обмежений набір зразків, які дискримінатор визнає правдоподібними; нестабільність процесу тренування, за якої градієнти можуть стати занадто слабкими або, навпаки, різкими, що суттєво ускладнює оптимізацію моделі; а також висока чутливість до вибору гіперпараметрів, оскільки невідповідне налаштування швидкості навчання (learning rate) або архітектури може призвести до дисбалансу між генератором і дискримінатором [57; 58; 114; 115].

Так само як у випадку з LSTM, GAN має різні варіації, де кожна модель має особливості побудови та цільове призначення [137]. Wasserstein GAN (WGAN) — використовує відстань Васерштейна для стабільнішого навчання, оновлює дискримінатор у вигляді критика D , а не класичного класифікатора [40]. Conditional GAN (CGAN) — додає додаткову інформацію (умову) y , що контролює процес генерації. Використовується для генерації фінансових часових рядів із залежністю від трендових факторів [150; 134]. Формула змінюється на:

$$\begin{aligned} \min_{G} \max_{D} V(D, G) = & \quad (3.11) \\ = E_{x \sim P_{\text{real}}(x)} [\log D(x|y)] + E_{z \sim 1, (z|6)} [\log(1 - D(G(z|y)))] \end{aligned}$$

TimeGAN - поєднує GAN з рекурентними неймережами (RNN), використовується спеціально для часових рядів (наприклад, прогнозування фінансових ринків), включає механізм автоенкодера, що навчає модель розпізнавати тимчасові залежності [201].

GAN-моделі знайшли широке застосування у фінансовій сфері завдяки їх здатності аналізувати та синтезувати складні часові ряди [134; 47]. GAN дозволяє створювати синтетичні фінансові дані, які мають властивості реальних часових рядів. Це корисно для [134; 201]: тренування неймережевих моделей у випадках нестачі реальних фінансових даних,

тестування торгових стратегій на згенерованих ринкових умовах, виявлення прихованих патернів у ринкових рухах, доповнення історичних даних для підвищення стійкості моделей машинного навчання. Інструменти GAN можуть використовуватись для відновлення відсутніх або неповних фінансових даних. Наприклад: відновлення пропущених значень у часових рядах активів [183], генерація додаткових точок у періоди високої волатильності для кращого навчання моделей [201]. GAN-моделі можуть використовуватись для створення альтернативних ринкових сценаріїв, включаючи: моделювання кризових подій (крах ринку 2008, обвал криптовалют у 2022), аналіз гіпотетичних макроекономічних умов (різкі зміни ставок, економічні санкції, зміни грошово-кредитної політики), створення штучних трендів і флеш-крешів для тестування трейдингових алгоритмів [134].

Кожен з типів GAN має своє цільове застосування у фінансовому прогнозуванні. Wasserstein GAN (WGAN) — забезпечує стабільне навчання, уникаючи проблеми колапсу режиму (mode collapse) [40], дозволяє більш точно моделювати розподіли ринкових цін [183]. Conditional GAN (CGAN) — використовується для контрольованого генеративного моделювання [150], дозволяє генерувати фінансові ряди з урахуванням додаткових змінних (наприклад, макроекономічних факторів або технічних індикаторів). TimeGAN — модель оптимізована для роботи з часовими рядами, поєднує GAN і RNN для кращого захоплення часової динаміки ринкових даних, використовується у прогнозуванні криптовалют та інших волатильних активів [134; 201]. Комбінація GAN із традиційними неймережами дозволяє отримувати більш стійкі та точні моделі прогнозування. Декілька стратегій ансамблевого навчання: GAN + LSTM — генерація синтетичних фінансових даних та їх використання у прогнозуванні часових рядів [102]; Stacking GAN + XGBoost — підвищення стійкості торгових алгоритмів [67; 206]; Поєднання TimeGAN + Transformer — використання багаторівневої неймережевої архітектури для точнішого прогнозування [143; 201].

Отже, GAN-моделі стали потужним інструментом для генерації синтетичних фінансових даних, що підтверджується численними дослідженнями [134; 83; 2]. При цьому використання спеціалізованих архітектур, таких як WGAN, CGAN та TimeGAN, дозволяє отримувати реалістичні часові ряди, які ефективно використовуються для тренування та тестування моделей ШІ. Більш того, поєднання GAN із моделями LSTM і Transformer забезпечує стабільні та точні фінансові прогнози [102; 143]. Подальші перспективи досліджень у цьому напрямку передбачають поглиблене використання GAN-моделей для моделювання впливу макроекономічних факторів, а також для вирішення завдань у сфері високочастотного трейдингу.

Ансамблеве навчання є ефективною стратегією для підвищення точності прогнозування, оскільки воно комбінує кілька моделей, зменшуючи похибку та підвищуючи стійкість прогнозів [82]. У фінансовому аналізі ансамблеві методи використовуються для інтеграції різних типів моделей (нейромереж, бустинг-алгоритмів, генеративних моделей) для досягнення максимальної точності прогнозів [134; 139]. Основні підходи ансамблевого навчання включають: Stacking (Stacked Generalization) – створення метамоделі, яка використовує прогнози кількох моделей (наприклад, LSTM, XGBoost, GAN) як вхідні дані [136]; Bagging (Bootstrap Aggregating) – усереднення прогнозів незалежних моделей для зменшення дисперсії та стабілізації прогнозів [54]; Boosting – покрокове навчання моделей, де кожна наступна модель виправляє помилки попередніх (наприклад, AdaBoost, Gradient Boosting, XGBoost) [106; 107; 67]. Комбінація нейромереж (LSTM), градієнтного бустингу (XGBoost) та генеративних моделей (GAN) дозволяє підвищити точність прогнозування фінансових активів [134]. Ансамблеве навчання може бути використане у фінансовому прогнозуванні для: комбінування прогнозів LSTM та XGBoost – нейромережі добре моделюють нелінійні закономірності, тоді як XGBoost ефективний для обробки табличних даних [102; 67]; поєднання LSTM та GAN – використання синтетичних даних для покращення прогнозних моделей [2;

134; 44]; створення гібридних моделей (LSTM + Transformer) – застосування багаторівневих архітектур для фінансового аналізу [143]. Ансамблеві методи дозволяють компенсувати слабкі сторони окремих моделей, що критично важливо у високоволатильних фінансових ринках [2].

Синтетичні дані дозволяють подолати проблему нестачі історичних даних та тестувати моделі на альтернативних сценаріях. Використання WGAN та інших варіацій GAN дає можливість імітувати ринкові умови, які ще не мали місця в реальних даних [169; 183]. Основні напрями застосування синтетичних даних: навчання LSTM на синтетичних даних та історичних даних BTC, для порівняння продуктивності моделей, навчених на реальних та згенерованих даних або аналізу, чи може синтетичний ряд замінити реальні історичні дані; генерація синтетичних часових рядів з WGAN для тестування ШІ-моделей для використання WGAN для створення нових варіантів ринкових сценаріїв або перевірка, як моделі прогнозування реагують на екстремальні сценарії (крах ринку, бульбашки, флеш-креші) [134; 40]; аналіз впливу якості синтетичних даних на точність прогнозів для порівняння моделей, навчених на реальних та синтетичних даних чи оцінки впливу синтетичних даних на стабільність та узагальнення моделей.

3.2. Практичне застосування моделей машинного навчання: на прикладі цифрових активів

Моделі що використовуються в практичній частині дослідження є двонаправленою довготривалої короткочасної пам'яті (Bidirectional LSTM, BiLSTM), яка є покращеною версією стандартної LSTM. BiLSTM враховує як минулі, так і майбутні часові залежності, що дозволяє отримати більш точні прогнози для нелінійних часових рядів, таких як фінансові дані. У даному випадку модель використовується для прогнозування ціни BTC, що є складним завданням через високу волатильність активу. Схематичний

малюнок з архітектурою моделі BiLSTM що використовується для дослідження представлено у Додатку А.

Процес підготовки даних для навчання моделі двонаправленої нейронної мережі LSTM (BiLSTM) включав кілька етапів. На початковому етапі було виконано завантаження історичних часових рядів закриття ціни активу (Close), максимальних та мінімальних цін (High, Low), а також обсягу торгів (Volume). Для стабілізації процесу навчання всі вихідні дані було нормалізовано за допомогою методу MinMaxScaler, який масштабує їхні значення в діапазоні від 0 до 1. Надалі для моделі були сформовані послідовності довжиною 60 (`SEQ_LEN = 60`), де кожне вікно даних використовується для прогнозування наступного значення. Всі дані були поділені на навчальну (80 %), валідаційну (10 %) та тестову (10 %) вибірки. Також для дослідження можливості покращення точності прогнозування до початкових часових рядів було додано технічні індикатори: RSI (Relative Strength Index), MACD (Moving Average Convergence Divergence), рівні підтримки та опору, рівні корекції Фібоначчі, а також хвилі Елліотта [88]. Обрана архітектура моделі BiLSTM включала шар двонаправленої рекурентної нейронної мережі з 64 нейронами, dropout на рівні 0,3 для зменшення ризику перенавчання, а також щільний шар (Dense layer) з 25 нейронами та активацією ReLU для нелінійної трансформації отриманих даних і вихідний шар, що прогнозує одне значення ціни закриття активу (Close). Вхідні дані моделі мали форму (`batch_size, 59, 1`). Математично модель передбачає перетворення вхідної послідовності значень $X = (x_1, x_2, \dots, x_{60})$ в приховані стани BiLSTM, які утворюються в результаті двонаправленого проходження (`forward` і `backward`), після чого прогноз наступного значення отримується через щільні шари з активацією ReLU. Оптимізація параметрів моделі здійснювалась за допомогою алгоритму Adam з коефіцієнтом швидкості навчання (`learning_rate`) 0,001, як функція втрат використовувалась середньоквадратична похибка (Mean Squared Error, MSE). Для стабільності навчання було застосовано техніку ранньої зупинки (EarlyStopping) при

відсутності покращень протягом 10 епох, а також динамічного зниження `learning_rate` (`ReduceLROnPlateau`), якщо валідаційна похибка не зменшувалася протягом 5 епох. Процес навчання проходив протягом 100 епох з розміром пакету (`batch size`) 32 та використанням крос-валідації на валідаційних даних. Додатково була впроваджена стратегія багатокрокового прогнозування, яка передбачала послідовне прогнозування декількох майбутніх точок шляхом збереження останнього вікна вхідних даних, прогнозування певної кількості наступних значень (`FORECAST_STEPS`), їхнього послідовного додавання до нового вхідного масиву та подальшої агрегації прогнозів через усереднення для зменшення рівня шуму.

При оцінюванні якості прогнозування ціни Bitcoin (BTC) критично важливо використовувати надійні метрики, які дозволяють визначити точність моделі та її здатність до узагальнення. В дослідженні використано такі основні метрики:

1. Середня абсолютна похибка (MAE, Mean Absolute Error)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (3.12)$$

Де: y_i – реальна ціна BTC у момент часу i ;

\hat{y}_i – прогнозована ціна BTC у момент часу i ;

n – загальна кількість прогнозів.

MAE є простою та зрозумілою метрикою, що показує середню абсолютну похибку в тих же одиницях, що й ціна BTC. Вона дозволяє оцінити, наскільки в середньому прогноз моделі відхиляється від реальних значень. Чим нижчий MAE, тим точніше прогнозування.

2. Корінь середньоквадратичної похибки (RMSE, Root Mean Squared Error)

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2} \quad (3.13)$$

RMSE схожа на MAE, але вона підсилює вплив великих помилок через квадратичну складову. Це означає, що якщо модель припустилася значного прорахунку в певні моменти часу, RMSE покаже це чіткіше. Метрика особливо важлива в фінансовому прогнозуванні, де навіть невеликі відхилення можуть мати значний вплив.

3. Середня абсолютна відсоткова похибка (MAPE, Mean Absolute Percentage Error)

Формула:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{|y_t|} \quad (3.14)$$

MAPE показує середню помилку в відсотках від реального значення, що робить її особливо корисною для порівняння різних активів і моделей. Проте ця метрика має слабкість – якщо y_t близьке до нуля, то значення MAPE може спотворювати результати.

4. Коефіцієнт детермінації

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum (y_t - \bar{y})^2} \quad (3.15)$$

R^2 показує, наскільки добре модель пояснює зміну ціни ВТС. Її значення знаходиться в межах від 0 до 1: $R^2 = 1$ означає ідеальне прогнозування; $R^2 = 0$ означає, що модель не пояснює жодної варіації даних; Низьке значення R^2 вказує на те, що модель має проблеми з узагальненням даних.

Таким чином, можна підсумувати: MAE – проста у розумінні, показує середню похибку в тих же одиницях, що й ціна BTC; RMSE – показує точність прогнозу, приділяючи більше уваги великим помилкам; MAPE – корисна для оцінки відносної похибки, але має обмеження; R^2 – дозволяє оцінити, наскільки добре модель пояснює коливання ціни BTC. Для повного аналізу необхідно розглядати всі метрики разом, оскільки кожна з них відображає різні аспекти точності прогнозування.

У цьому підрозділі представлено результати тестування BiLSTM-моделі для прогнозування ціни Bitcoin (BTC) з використанням різних комбінацій технічних індикаторів. Аналіз проводиться на трьох наборах даних, що відрізняються частотою часових інтервалів та довжиною послідовності для навчання моделі (SEQ_LEN): 1) Щоденні дані BTC (1d) з SEQ_LEN = 60; 2) Чотиригодинні дані BTC (4h) з SEQ_LEN = 60; 3) Чотиригодинні дані BTC (4h) з SEQ_LEN = 360

Вибір різних часових інтервалів та довжини вхідної послідовності дозволяє оцінити стабільність та ефективність моделей BiLSTM у коротко- та довгостроковому прогнозуванні.

Перший блок аналізу зосереджений на щоденних даних BTC. Використання SEQ_LEN = 60 означає, що для прогнозування майбутнього значення ціни BTC модель аналізує останні 60 днів. У таблиці 1 наведені результати тестування моделей, що використовують різні комбінації технічних показників.

Таблиця 3.1

Порівняння якості прогнозу BiLSTM з різними комбінаціями вхідних характеристик (1d, SEQ_LEN = 60)

Назва моделі	MAE	RMSE	MAPE (%)	R^2
1	2	3	4	5
BiLSTM	2587,36	3323,77	3,36 %	0,9629
BiLSTM + RSI	2753,67	3586,48	3,5 %	0,9568
BiLSTM + MACD	3805,35	4915,9	4,79 %	0,9188

Продовження табл 3.1

1	2	3	4	5
BiLSTM + Зони опору та підтримки	4586,4	5519,78	5,78 %	0,8976
BiLSTM + Хвилі Елліотта	4133,02	5027,52	5,43 %	0,9151
BiLSTM + Розширення та корекція Фібоначчі	4670,06	6462,38	5,42 %	0,8597

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

Аналіз результатів прогнозування на щоденних (1d) даних:

Базова модель BiLSTM показала найкращий результат серед усіх комбінацій з технічними індикаторами, забезпечуючи найнижчі MAE (2587,36), RMSE (3323,77) та MAPE (3,36 %), а також найвищий R² Score (0,9629). Це свідчить про те, що для щоденних даних базова архітектура BiLSTM без додаткових індикаторів є найбільш стабільною та точною. Додавання RSI незначно погіршило точність прогнозування, що може свідчити про низьку ефективність цього індикатора для прогнозування BTC на денному фреймі. Використання MACD, зон опору та підтримки, а також хвиль Елліотта значно погіршило якість прогнозу. Найгірший результат спостерігається при використанні розширення та корекції Фібоначчі, що має найвищу похибку RMSE (6462,38) та найнижчий R² (0,8597).



Рис. 3.1 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM, 1d, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

Рис 3.1 демонструє базову модель BiLSTM без додаткових технічних індикаторів. Прогнозована крива (пунктирна лінія) досить точно відображає загальний тренд реальної ціни BTC (суцільна лінія). Модель добре повторює рухи ціни в періоди зростання та спаду, але на пікових значеннях та різких корекціях помітні певні відхилення.



Рис. 3.2 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + RSI, 1d, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На рис 3.2 модель BiLSTM була покращена додаванням індикатора відносної сили (RSI). Візуально помітно, що прогноз (пунктирна лінія) має більш згладжений вигляд у порівнянні з базовою моделлю. Це свідчить про те, що модель орієнтується на перекупленість та перепроданість активу. В деяких випадках це дозволяє уникати помилкових різких коливань, але точність прогнозу все ще знижується в умовах нестабільних ринкових умов.



Рис. 3.3 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + MACD, 1d, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

У цьому випадку додано індикатор MACD, який показує рис 3.3, модель намагається уловити довготривалі тренди, але при цьому втрачає точність у короткострокових коливаннях. Видно, що прогнозована крива має значні відхилення від реальних значень під час швидких змін тренду, що може свідчити про недостатню адаптацію до короткострокової волатильності.



Рис. 3.4 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + Зони опору та підтримки, 1d, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На рис 3.4 прогнозована ціна будується з урахуванням зон підтримки та опору. Видно, що модель краще враховує ключові рівні ринку, проте її реакція на трендові зміни значно запізнюється. Це помітно в періодах стрімкого зростання та падіння, коли модель лише із запізненням адаптується до нових умов.

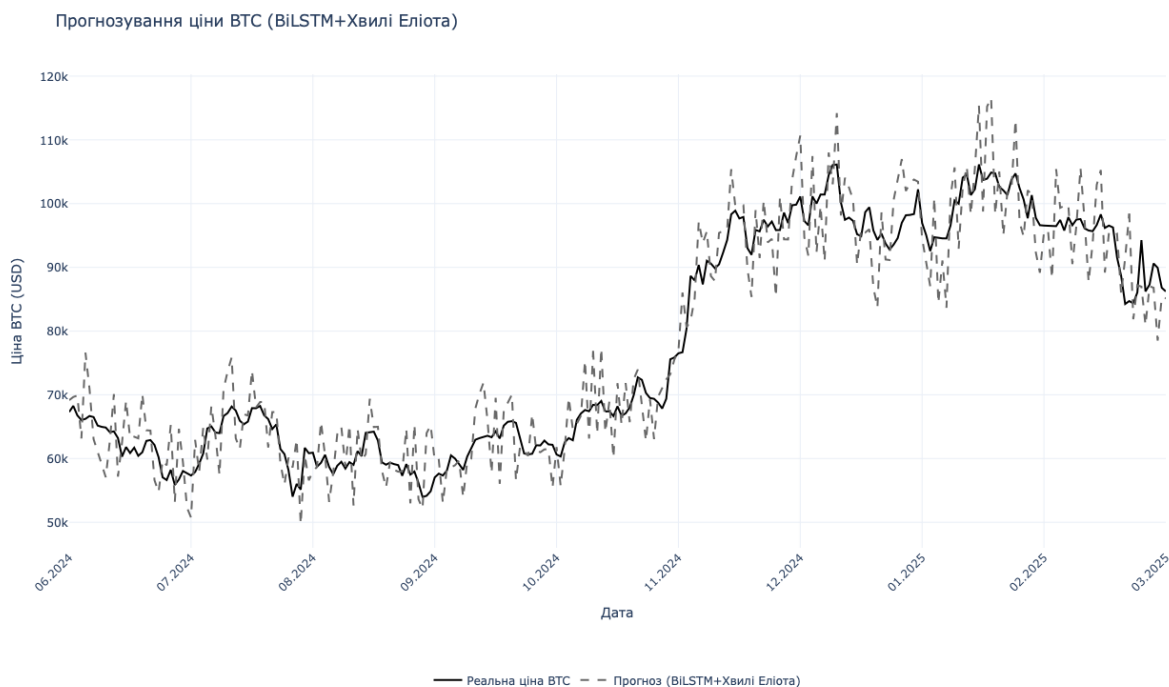


Рис. 3.5 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + Хвилі Елліотта, 1d, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

Тут використані концепції хвиль Елліотта для прогнозування цінового руху. Графік показує, що модель намагається врахувати циклічність ринку, але водночас демонструє значно більшу волатильність у прогнозах (пунктирна лінія є більш хаотичною). Це свідчить про те, що модель не завжди точно визначає початок і завершення хвиль, що призводить до сильних відхилень від реальних значень.



Рис. 3.6 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + Розширення та корекція Фібоначчі, 1d, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На рис 3.6 додано рівні корекції та розширення Фібоначчі. Видно, що прогнозована крива (пунктирна лінія) краще відображає глобальні тренди, проте часто відстає або передбачає зміну напрямку з надто великим відхиленням. Це може бути пов'язано з тим, що рівні Фібоначчі орієнтовані більше на короткотривалі ринкові рухи, а модель намагається їх адаптувати до більш довгострокового прогнозування.

Загальні висновки свідчать, що базова модель BiLSTM демонструє найвищу стабільність прогнозів, проте її точність на рівнях підтримки та опору ще має потенціал для вдосконалення. Додавання індикатора RSI дозволяє зменшити коливання прогнозованих значень, хоча при цьому спостерігається незначне зниження загальної точності прогнозу. Застосування MACD покращує здатність моделі виявляти трендові рухи, проте виявляється недостатньо ефективним у випадку різких ринкових коливань. Використання зон опору та підтримки робить прогнози моделі більш консервативними та обережними, однак це водночас спричиняє помітну затримку в її реакції на

зміни ринку. Інтеграція хвиль Елліотта до моделі підвищує волатильність прогнозів, що може бути корисним у періоди ринкової нестабільності, тоді як застосування рівнів Фібоначчі допомагає визначати ключові рівні цінових змін, але має тенденцію до надмірного згладжування прогнозованих значень. Загалом, результати демонструють, що використання додаткових технічних індикаторів має як переваги, так і недоліки, і їх ефективність значною мірою залежить від конкретної ринкової ситуації.

У цій частині представлені результати тестування моделей BiLSTM на часових проміжках 4 години (4h), що дозволяє оцінити їхню ефективність у короткостроковому прогнозуванні ціни BTC. На відміну від денного графіка (1d), 4-годинні дані містять більше ринкових коливань та волатильності, що впливає на здатність моделі коректно прогнозувати ціну.

Усі моделі використовують довжину вхідної послідовності $SEQ_LEN = 60$, що означає, що для формування прогнозу використовуються дані за останні 60 чотиригодинних періодів (тобто 10 днів). Це забезпечує баланс між охопленням локальних трендів та короткостроковими змінами ціни.

Потенційний вплив 10-денного періоду на результати прогнозування:

1. Виявлення локальних трендів: $SEQ_LEN = 60$ дозволяє моделі аналізувати короткострокові тренди, що характерні для криптовалютного ринку. Оскільки 10 днів зазвичай містять локальні фази росту та корекції, модель може краще враховувати ці цикли.

2. Реагування на короткострокові зміни: Використання 10-денного інтервалу допомагає захоплювати імпульсні рухи, які часто трапляються в крипторинках. Це особливо корисно для моделей, що базуються на RSI та Фібоначчі, оскільки ці індикатори орієнтовані на короткострокові патерни.

3. Чутливість до волатильності: Криптовалюти відзначаються високою волатильністю, і короткі тренди можуть змінюватися досить швидко. $SEQ_LEN = 60$ дає змогу моделі розрізняти періоди підвищеної та зниженої волатильності, що важливо для стратегій управління ризиками.

4. Обмеження для довгострокових прогнозів: Використання лише 10 днів історичних даних може бути недостатнім для прогнозування середньо- та довгострокових рухів, оскільки модель не отримує контексту про довготривалі тренди та макроекономічні впливи. Наприклад, моделі, що базуються на зонах опору та підтримки, показали слабші результати, ймовірно, через недостатній період для виявлення значних рівнів.

5. Порівняння з денними (1d) прогнозами: На відміну від моделі BiLSTM для денного таймфрейму (1d), яка використовує ті ж 60 точок (що охоплює майже 2 місяці), 4h-моделі отримують лише 10 днів даних. Це означає, що вони більше орієнтуються на динамічні зміни в короткострокових флуктуаціях, а не на довготривалі тренди.

6. Переваги у високочастотній торгівлі: Якщо мета прогнозування полягає у використанні в алготрейдингу чи скальпінгу, то $SEQ_LEN = 60$ є оптимальним, оскільки модель захоплює достатньо даних для короткотермінових рішень, не перенасичуючи нейронну мережу історичними значеннями

Таблиця 3.2

**Порівняння якості прогнозу BiLSTM з різними комбінаціями
вхідних характеристик (4h, SEQ_LEN = 60)**

Назва моделі	MAE	RMSE	MAPE (%)	R ²
BiLSTM	2634,06	3320,06	3,07 %	0,9627
BiLSTM + RSI	2162	2878,37	2,60 %	0,972
BiLSTM + MACD	2625,9	3429,07	3,4 %	0,9602
BiLSTM + Зони опору та підтримки	5608,3	6306,47	6,83 %	0,8654
BiLSTM + Хвилі Елліотта	2710,25	3556,53	3,39 %	0,9571
BiLSTM + Розширення та корекція Фібоначчі	1407,08	1766,9	1,84 %	0,9894

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

Аналіз результатів прогнозування на 4-годинних даних показує, що базова модель BiLSTM демонструє досить високу точність з коефіцієнтом детермінації $R^2=0,9627$ та помилкою $MAE \approx 2634$, однак існують можливості подальшого покращення її точності шляхом інтеграції додаткових технічних індикаторів. Додавання індикатора RSI суттєво підвищує ефективність моделі, знижуючи MAE до 2162 і підвищуючи R^2 до 0,9719, що підтверджує користь врахування зон перекупленості та перепроданості. Водночас застосування індикатора MACD, навпаки, збільшує нестабільність прогнозів, підвищуючи $RMSE$ до 3429 і демонструючи високий $MAPE$ на рівні 3,41%, що свідчить про його недостатню здатність передбачати локальні коливання ринку. Інтеграція зон опору та підтримки виявилася найменш ефективною, з помилкою MAE понад 5600 і $R^2 = 0,8654$, що підкреслює непридатність цих рівнів для короткострокових прогнозів. Використання хвиль Елліотта показує дещо гірший результат порівняно з базовою моделлю ($MAE = 2710$), ймовірно, через їхню більшу ефективність у середньо- і довгострокових періодах прогнозування. Найкращі результати продемонструвала комбінація BiLSTM із рівнями розширення та корекції Фібоначчі, яка досягла найнижчої помилки (MAE всього 1407) і найвищого коефіцієнта R^2 (0,9894), що свідчить про високу ефективність цього індикатора в умовах короткострокового прогнозування. Отже, додавання RSI та рівнів Фібоначчі значно покращує точність BiLSTM, особливо на коротких часових інтервалах, тоді як MACD та хвилі Елліотта не забезпечують очікуваного підвищення ефективності через свою недостатню гнучкість у високочастотних умовах, а використання зон підтримки та опору є більш доцільним у довгострокових стратегіях. Враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що модель BiLSTM демонструє найвищу ефективність короткострокових прогнозів при поєднанні з рівнями корекції Фібоначчі та індикатором RSI, тоді як традиційні трендові індикатори, такі як MACD і хвилі Елліотта, спричиняють підвищену волатильність прогнозних результатів.



Рис. 3.7 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM, 4h, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На Рис. 3.7 представлено базову модель BiLSTM без додаткових технічних індикаторів. Прогнозована крива (пунктирна лінія) добре відображає основні рухи реальної ціни BTC (суцільна лінія). У періоди стабільного тренду модель демонструє високу точність, однак при різких змінах тренду спостерігається певне відставання. Відхилення прогнозу найбільш помітні в моменти різких корекцій, коли ціна швидко змінює напрям.



Рис. 3.8 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + RSI, 4h, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На Рис. 3.8 модель BiLSTM була покращена додаванням індикатора відносної сили (RSI). Прогнозована лінія має більш згладжений вигляд, що вказує на орієнтацію моделі на рівні перекупленості та перепроданості. Модель покращено ідентифікує переломні моменти тренду, але при цьому точність прогнозу в деяких випадках знижується. Додавання RSI дозволило зменшити кількість хибних сплесків у прогнозах, що особливо помітно у флетових ділянках ринку.



Рис. 3.9 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + MACD, 4h, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На Рис. 3.9 до моделі додано індикатор MACD (Moving Average Convergence Divergence). Модель орієнтується на довгострокові тренди, що видно на прогнозованій кривій. У періоди різких змін напрямку тренду прогноз може відставати, оскільки MACD краще працює для довших часових горизонтів. Найбільші відхилення прогнозу від реальної ціни спостерігаються в моменти сильної волатильності ринку.

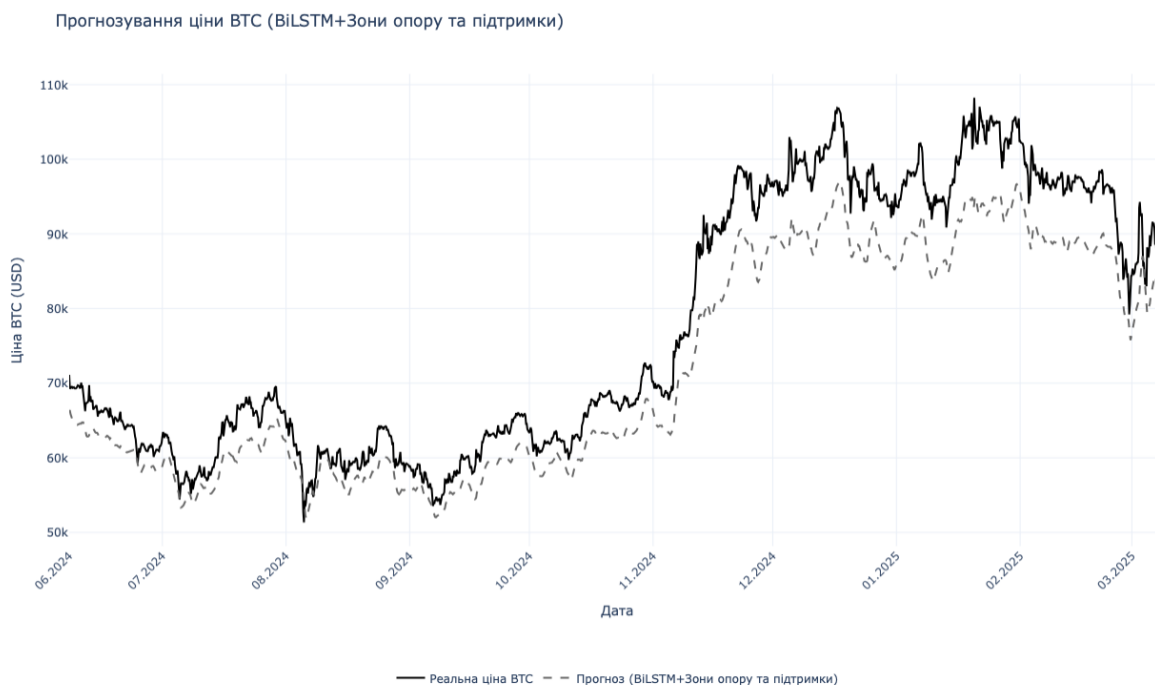


Рис. 3.10 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + Зони опору та підтримки, 4h, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На Рис. 3.10 представлено прогноз із використанням рівнів підтримки та опору. Модель покращено враховує ключові рівні ринку, що сприяє підвищенню точності в моменти наближення до важливих рівнів. Однак реакція моделі на швидкі трендові зміни запізнюється, оскільки вона очікує підтвердження пробою рівнів. Видно, що у випадках пробою рівня модель коригує прогноз із запізненням, що може бути критичним для короткострокової торгівлі.

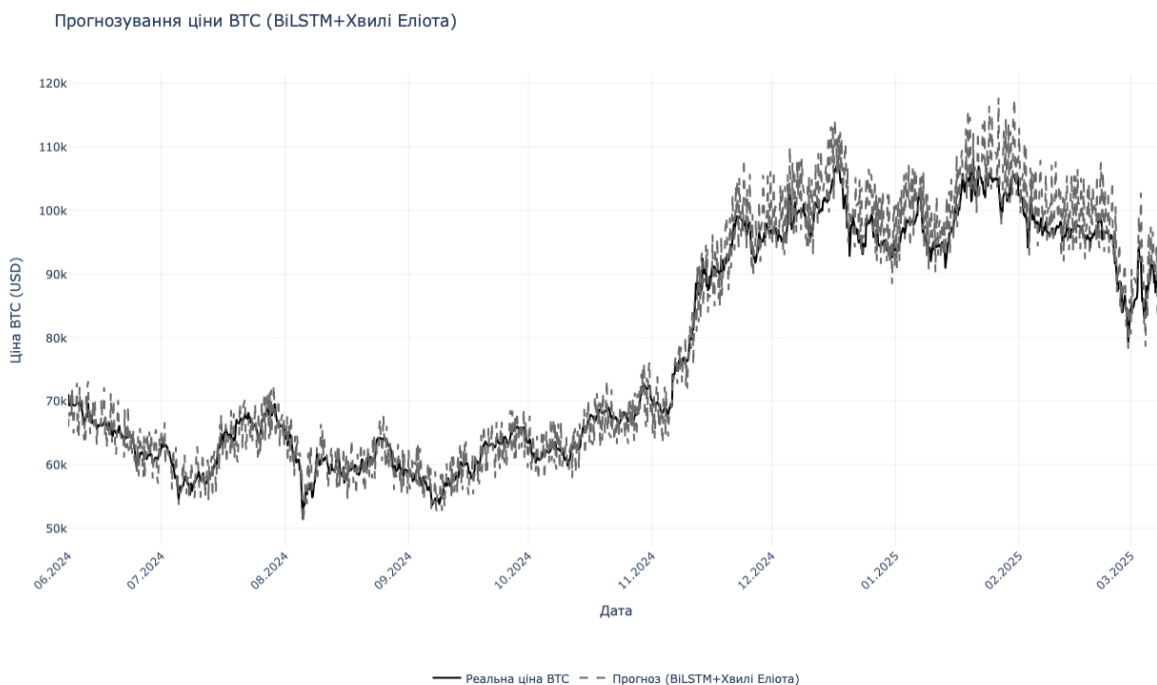


Рис. 3.11 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + Хвилі Елліотта, 4h, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На Рис. 3.11 модель використовує концепцію хвиль Елліотта. Прогноз демонструє високу волатильність (пунктирна лінія має більше коливань), що свідчить про підвищену чутливість моделі. Модель намагається передбачити циклічність ринку, однак деякі коливання можуть бути хибними. Відхилення прогнозу від реальної ціни особливо помітні під час стрімких корекцій, коли хвильова структура не завжди точно відображає поведінку ринку.



Рис. 3.12 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM+Розширення та корекція Фібоначчі, 4h, SEQ_LEN = 60)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На Рис. 3.12 до моделі додано рівні корекції та розширення Фібоначчі. Прогнозована лінія (пунктирна) краще відображає глобальні тренди, особливо у фазах зростання та падіння. Модель показує більш точні результати на довших часових горизонтах, проте в короткострокових корекціях можуть виникати похибки. Видно, що у деяких моментах модель передбачає зміну напрямку завчасно або з певним відставанням, що може бути пов'язано з адаптацією рівнів Фібоначчі до короткострокового прогнозування.

Порівняння результатів прогнозування між денними (1D) моделями та 4-годинними (4H) моделями дає змогу оцінити, як зміна таймфрейму впливає на точність передбачень:

1. Загальна точність прогнозів: Моделі 1D демонструють вищу загальну точність прогнозування, що пояснюється меншою кількістю коливань у цінах на довших часових інтервалах. Це дозволяє BiLSTM ефективніше захоплювати основні тренди. Моделі 4H мають вищу волатильність прогнозів

через часті зміни ринкових умов. Це призводить до збільшення похибок, особливо при короткострокових флуктуаціях ціни BTC.

2. Вплив технічних індикаторів: RSI в обох випадках допомагає згладити коливання та покращує стабільність прогнозу. Однак у 4H модель він виявився кориснішим, оскільки коротші таймфрейми більш схильні до періодів перекупленості та перепроданості. MACD працює краще на 1D, оскільки цей індикатор орієнтований на довгострокові тренди. У 4H модель він не забезпечує значного покращення прогнозу і навіть може погіршувати короткострокову точність. Зони опору та підтримки значно покращують передбачення у 1D, оскільки ці рівні мають більше значення на довгих інтервалах. В 4H модель вони вносять затримку в адаптації прогнозу, що зменшує її ефективність. Хвилі Елліотта більш ефективні на 1D, оскільки краще працюють із довготривалими циклами. У 4H моделі, індикатор додає зайву волатильність і може створювати хаотичні коливання в прогнозі. Фібоначчі демонструє кращі результати на 4H, де рівні корекції допомагають уловлювати ринкові рухи навіть на коротких інтервалах. Водночас, у 1D модель цей інструмент частково втрачає свою ефективність через надмірне згладжування.

3. Чутливість до ринкової волатильності: 1D моделі загалом більш стабільні та краще працюють у фазах довготривалого тренду, де ключові рівні та індикатори мають більше значення. 4H моделі демонструють більшу реактивність на короткострокові рухи ринку, але часто схильні до перевищеної чутливості, що призводить до зайвої волатильності прогнозу.

У цій частині представлені результати тестування моделей BiLSTM на часових проміжках 4 години (4H) з послідовністю вхідних даних `SEQ_LEN = 360`. Подовження вхідної послідовності дозволяє моделі враховувати триваліші історичні патерни, що потенційно може покращити прогнозування ринкових трендів.

Порівняння якості прогнозу BiLSTM з різними комбінаціями вхідних характеристик (4h, SEQ_LEN = 360)

Назва моделі	MAE	RMSE	MAPE (%)	R ²
BiLSTM	2923,74	3888,6	3,29 %	0,9495
BiLSTM + RSI	2161,74	2882,31	2,58 %	0,9723
BiLSTM + MACD	3309,75	4408,65	3,82 %	0,9351
BiLSTM + Зони опору та підтримки	2636,76	3930,19	2,95 %	0,9484
BiLSTM + Хвилі Елліотта	1787,88	2378,28	2,23 %	0,9811
BiLSTM + Розширення та корекція Фібоначчі	1748,11	2073,88	2,42 %	0,9856

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

Збільшення довжини вхідної послідовності (SEQ_LEN) позитивно вплинуло на загальну точність прогнозування моделей порівняно з результатами на 4-годинних даних при SEQ_LEN = 60. Це підтверджується суттєвим зростанням значень метрики R² Score, особливо в моделях, що використовували хвильову теорію Елліотта та рівні Фібоначчі, де поліпшення було найвиразнішим. Окрім того, відбулося зниження основних показників похибки – MAE, RMSE та MAPE – у більшості моделей, що свідчить про те, що довші послідовності дозволяють моделі краще враховувати ринковий контекст та історичні закономірності. Найбільше покращення спостерігалось в комбінаціях BiLSTM з хвилями Елліотта та з рівнями Фібоначчі, де істотне зниження MAE та RMSE вказує на підвищену здатність моделі до точного виявлення ринкових трендів і ключових рівнів корекції.

BiLSTM базова модель без додаткових індикаторів демонструє майже найгіршу точність серед усіх варіантів. R² Score = 0,9495 свідчить про відносно гарну відповідність, але модель все ще має значні похибки у прогнозах короткострокових змін тренду. RSI суттєво покращує точність прогнозу, знижуючи MAE та RMSE. MAPE = 2,58 %, що є кращим за базову модель та

модель із MACD. RSI допомагає визначати перекупленість та перепроданість, що особливо корисно для 4H-таймфрейму і повноцінно розкривається як індикатор при збільшенні послідовності вхідних даних. MACD втрачає ефективність у короткострокових прогнозах: високе значення MAE = 3309 та RMSE = 4408 свідчить про гіршу відповідність тренду ніж в інших моделях. $R^2 = 0,935$ демонструє гірший рівень кореляції, ніж у більшості інших моделей. Модель неефективно реагує на швидкі ринкові коливання, тому MACD більш корисний для денних (1D) даних. Модель із зонами опору та підтримки має вищу точність за базовий BiLSTM. MAE = 2636 нижчий, ніж у базової моделі та MACD, але все ще поступається RSI, Фібоначчі та Хвилям Елліотта. основною проблемою є те що модель все ще демонструє запізнену реакцію на зміну трендів, оскільки зони опору/підтримки більш ефективні на довших часових фреймах. BiLSTM + Хвилі Елліотта демонструє найкращий баланс точності та стабільності серед усіх моделей: MAE = 1787 та RMSE = 2378 – суттєво нижчі за більшість інших варіантів. $R^2 = 0,981$, що означає відмінну кореляцію між прогнозами та реальними значеннями. Перевагою є те що модель ефективно визначає цикл руху ціни, що покращує довгострокові прогнози. BiLSTM + Розширення та корекція Фібоначчі продемонструвала найкращу точність серед усіх варіантів: MAE = 1748 – мінімальне відхилення від реальної ціни, RMSE = 2073 – найменша похибка серед усіх тестованих моделей, $R^2 = 0,9856$ – найкраща відповідність прогнозу реальному тренду, Основна причина таких результатів полягає в тому що рівні Фібоначчі дозволяють моделі точніше передбачати моменти корекції, що особливо корисно для короткострокових 4H прогнозів.



Рис. 3.13 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM, SEQ_LEN = 360)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

Рис 3.13 демонструє прогноз базової моделі BiLSTM при збільшеному вікні спостереження (SEQ_LEN = 360). Помітно, що прогнозована крива (пунктирна лінія) досить точно повторює глобальні тренди, однак на окремих ділянках прогноз зміщений нижче за фактичні історичні значення, що може свідчити про тенденцію моделі до передбачення занижених цін в періоди зростання.



Рис. 3.14 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + RSI, SEQ_LEN = 360)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На рис 3.14 прогноз доповнено індикатором відносної сили (RSI). Згладженість прогнозу – пунктирна лінія, що представляє прогнозовані значення, досить точно повторює загальний рух реальної ціни BTC (суцільна лінія). У порівнянні з базовою BiLSTM-моделлю, прогноз є менш схильним до різких коливань. Точне слідування за трендом – в періоди стабільного зростання та зниження модель демонструє високу кореляцію з реальними даними, підтверджуючи ефективність використання індикатора RSI для розпізнавання станів перекупленості та перепроданості. Різниця у фазах піків: на окремих ділянках (наприклад, у фазах максимального підйому) прогнозована ціна є дещо вищою за реальні історичні значення. Це може бути викликано тим, що RSI, як осциляторний індикатор, може затримувати реакцію на зміну тренду, особливо у періоди сильних імпульсних рухів. Менші помилкові сигнали: На відміну від інших моделей, що використовують складніші технічні індикатори, прогноз із RSI менше схильний до зайвих хаотичних коливань, що може бути корисним у реальних торгових стратегіях.



Рис. 3.15 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + MACD, SEQ_LEN = 360)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

Рис 3.15 демонструє сильну залежність моделі від довготривалих трендів: Прогнозована крива (пунктирна лінія) демонструє суттєві відхилення від реальної ціни (суцільна лінія) на ділянках зростання. Це свідчить про те, що MACD, який базується на ковзних середніх, запізнюється у фіксації розворотів. Перебільшення пікових значень – помітно, що у фазах сильного зростання (наприклад, у діапазоні 11.2024 – 01.2025) прогнозована ціна лежить вище реальної вартості BTC. Це вказує на те, що модель продовжує екстраполювати зростання навіть тоді, коли ринок вже перейшов у стадію консолідації або корекції. Запізнена корекція: У фазах падіння (початок 2025 року) прогнозована лінія продовжує утримуватись вище фактичної ціни. Це підтверджує властивість MACD реагувати із затримкою на зміну тренду. Згладженість прогнозу на діапазонах флету: у періоди ринкової стабільності (наприклад, влітку 2024 року) прогноз практично не відхиляється від реальної ціни, що вказує на те, що MACD добре працює на низьковолатильних ділянках.



Рис. 3.16 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + Зони опору та підтримки, SEQ_LEN = 360)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

Модель на рис 3.16 демонструє наступні характеристики: більш виражена чутливість до ключових рівнів - на відміну від попередніх моделей, прогнозована ціна (пунктирна лінія) чітко відштовхується від певних цінових рівнів, що свідчить про вплив зон підтримки та опору на прогноз. Схильність до затримки в реакції - на ділянках активного зростання (наприклад, період 11.2024 – 01.2025) прогноз відстає від реальної ціни, що може пояснюватися тим, що модель чекає підтвердження прориву рівнів. Під час корекцій прогноз вище реальної ціни - в фазі падіння (початок 2025 року) прогнозована лінія затримується над реальними значеннями, що вказує на тяжіння моделі до утримання рівня підтримки перед прогнозованим розворотом. Висока відповідність ділянках консолідації- у зонах бокового руху (наприклад, у середині 2024 року) прогноз досить точно повторює коливання реальної ціни, що демонструє здатність моделі вловлювати рівні, на яких відбувається накопичення ліквідності.



Рис. 3.17 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM+Хвилі Еліотта, SEQ_LEN = 360)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

З рис 3.17 видно що модель демонструє більш виражену чутливість до ключових рівнів - на відміну від попередніх моделей, прогнозована ціна (пунктирна лінія) чітко відштовхується від певних цінових рівнів, що свідчить про вплив зон підтримки та опору на прогноз. Схильність до затримки в реакції - на ділянках активного зростання (наприклад, період 11.2024 – 01.2025) прогноз відстає від реальної ціни, що може пояснюватися тим, що модель чекає підтвердження прориву рівнів. Під час корекцій прогноз вище реальної ціни - в фазі падіння (початок 2025 року) прогнозована лінія затримується над реальними значеннями, що вказує на прагнення моделі “утримувати” рівень підтримки перед прогнозованим розворотом. Висока відповідність на ділянках консолідації - у зонах бокового руху (наприклад, у середині 2024 року) прогноз досить точно повторює коливання реальної ціни, що демонструє здатність моделі вловлювати рівні, на яких відбувається накопичення ліквідності.



Рис. 3.18 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM + Розширення та корекція Фібоначчі, SEQ_LEN = 360)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

З рис 3.18 можна відзначити що модель показує збалансованість між точністю і трендовою відповідністю - прогнозована крива (пунктирна лінія) близько повторює реальні значення (суцільна лінія) на більшості проміжків часу, демонструючи стабільну адаптацію до основних ринкових тенденцій. Чітке дотримання ключових рівнів - видно, що модель враховує рівні Фібоначчі, що дозволяє їй згладжувати різкі ринкові рухи та коригувати передбачення відповідно до історичних рівнів корекції. Менші відхилення порівняно з іншими моделями - особливо в періоди росту (наприклад, з 10.2024 по 01.2025) модель менше переоцінює цінові піки, ніж BiLSTM+MACD або BiLSTM+Хвилі Елліотта. Також прогноз менш волатильний у фазах спадів, що може свідчити про ефективність рівнів корекції Фібоначчі як додаткового параметра. Запізнення у реакції на ринкові зміни - у деяких точках модель відстає від реального розвороту тренду, що може бути наслідком занадто великої залежності від рівнів Фібоначчі та недостатньої адаптації до короткострокових рухів.

Дослідження продуктивності моделей BiLSTM із різними технічними індикаторами виявило суттєві відмінності у якості прогнозів, що значною мірою залежать від обраного часового фрейму (1d, 4h), довжини вхідної послідовності ($SEQ_LEN = 60$ або 360), а також типу додаткових індикаторів. При використанні денного часового фрейму (1d) моделі загалом демонструють високу точність у відслідковуванні довгострокових трендів, знижуючи чутливість до ринкового шуму. Зокрема, базова модель BiLSTM без додаткових індикаторів забезпечила найкращий баланс між стабільністю та точністю. Проте така модель виявилася менш ефективною у фазах різких коливань, де її реакція на зміну ринкових умов була уповільненою. У коротшому часовому інтервалі (4h) з $SEQ_LEN = 60$ моделі демонструють швидшу адаптацію до зміни тренду, що робить їх придатнішими для короткострокових прогнозів. Особливо позитивний ефект у цьому випадку дало додавання RSI, який покращив точність прогнозів. Водночас деякі моделі, зокрема ті, що використовували MACD або рівні підтримки й опору, мали гірші результати через затримку сигналів індикаторів або їхню надмірну чутливість до шуму. Найкращі результати були досягнуті при використанні 4-годинних даних із подовженим вікном $SEQ_LEN = 360$. У цьому випадку моделі не лише продемонстрували найвищу точність прогнозів, а й були менш схильні до волатильності. Особливо ефективними виявилися комбінації BiLSTM із рівнями Фібоначчі, які забезпечили стабільне передбачення корекційних рівнів. Проте така глибока модель може мати певне запізнення реакції на раптові ринкові розвороти й у деяких випадках згладжує прогноз. Аналіз впливу технічних індикаторів показав, що RSI стабільно покращував точність прогнозів на всіх часових фреймах, знижуючи помилкові короткострокові коливання. Натомість MACD виявився менш ефективним, особливо на високочастотних даних, оскільки модель на його основі переоцінювала значення піків. Рівні підтримки та опору демонстрували стабільну, але менш точну поведінку, спричиняючи затримки у прогнозах. Хвильова теорія Елліотта виявилась корисною для довгострокового

прогнозування, проте її застосування у 4-годинному форматі призводило до підвищеної волатильності. Найкращі результати продемонстрували моделі з використанням рівнів Фібоначчі, які були ефективними на всіх часових фреймах, забезпечуючи згладженість прогнозів та здатність адаптуватися до ключових рівнів ринку.

3.3. Реалізація ансамблевого методу навчання для прогнозування цін цифрових активів

В цій частині дисертації представлено практичне дослідження підходу до моделювання та генерації синтетичних часових рядів курсу BTC на основі історичних даних. Для цього використано модель засновану на Wasserstein Generative Adversarial Network with Gradient Penalty (WGAN-GP) – покращеній версії класичного GAN, що використовує відстань Васерштейна для більш стабільного навчання. WGAN-GP усуває колапс режиму (Mode Collapse) та покращує генерацію часових рядів, що є критичним у фінансових додатках.

Схематичний малюнок з архітектурою моделі WGAN-GP що використовується для дослідження представлено у *Додатку Б*. Основною метою побудови моделі WGAN-GP стало створення синтетичних часових рядів BTC, які зберігають ключові статистичні характеристики реальних фінансових даних. Такі синтетичні ряди можуть бути використані для доповнення історичних даних, тестування алгоритмічних трейдингових стратегій, а також для аналізу альтернативних ринкових сценаріїв без ризику втрати капіталу. На етапі підготовки даних було завантажено часові ряди з чотирма ключовими параметрами: ціна закриття (Close), обсяг торгів (Volume), індекс відносної сили (RSI) та історична волатильність (Volatility), які були нормалізовані до інтервалу $[-1,1]$ для забезпечення стабільного навчання моделі. Для кожного навчального вікна було додано нормалізований часовий індекс, що дозволило реалізувати умовну генерацію у форматі Conditional GAN. Дані було структуровано у форматі ковзних вікон довжиною

128 днів (`window_size = 128`), де кожен приклад мав форму (`num_samples, 4, 128`), що відповідає чотирьом вхідним ознакам. Архітектура генератора моделі включає латентний вектор (випадковий шум), з'єднаний із часовим індексом, після чого синтетичний ряд створюється шляхом обробки LSTM-шаром та згортковими шарами (Conv1D), що дозволяють відтворити структуру та локальні патерни ринку; фінальний шар із функцією активації $\text{Tanh}()$ забезпечує обмеження вихідних значень у межах $[-1,1]$. Замість класичного дискримінатора модель використовує критика (Critic), який оцінює якість згенерованих даних на основі архітектури Conv1D із нормалізацією шару (LayerNorm) та лінійною функцією на виході. Задля стабільності навчання критик оптимізується за допомогою функції втрат на основі відстані Васерштейна з додаванням градієнтного штрафу, який обмежує норму похідної оцінки критика:

$$\lambda E_{\mathcal{X}} \sim P_{\mathcal{X}}[(\|\nabla_{\mathcal{X}} D(\mathcal{X})\|_9 - 1)^9] \quad (3.3)$$

Параметри моделі включають латентний простір розміром 100, глибину LSTM у 256 нейронів, співвідношення ітерацій критика до генератора 5:1 (`n_critic = 5`), кількість епох навчання – 500, а також застосування Adam-оптимізатора з параметрами (`betas = 0,5, 0,9`). Процес навчання супроводжується візуалізацією втрат генератора (`Loss_G`) та критика (`Loss_C`), а також оцінкою збіжності розподілу синтетичних даних шляхом порівняння автокореляційних характеристик (ACF) і щільності розподілу дохідностей з відповідними метриками реальних рядів. Додатково впроваджується умовне навчання (Conditional WGAN), яке забезпечує здатність моделі адаптуватися до різних фаз ринкового циклу шляхом інтерполяції часових індексів, що дозволяє створювати більш реалістичні сценарії розвитку ринку.

Результати дослідження:



Рис. 3.19 Порівняння реальних та синтетичних даних BTC WGAN-GP

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

На Рис 3.19 наведено реальні (лінія цін темнішого кольору) та згенеровані (лінія цін світлого кольору) ціни BTC на тестовому наборі. Помітно, що синтетичний ряд загалом зберігає форму коливань, але амплітуда змін відрізняється (у деяких ділянках синтетична крива нижче/вище реального рівня). Незважаючи на певну розбіжність, тренд у синтетичних даних має схожі фази зростання/зниження, що свідчить про здатність WGAN-GP «вловлювати» загальну структуру часу.

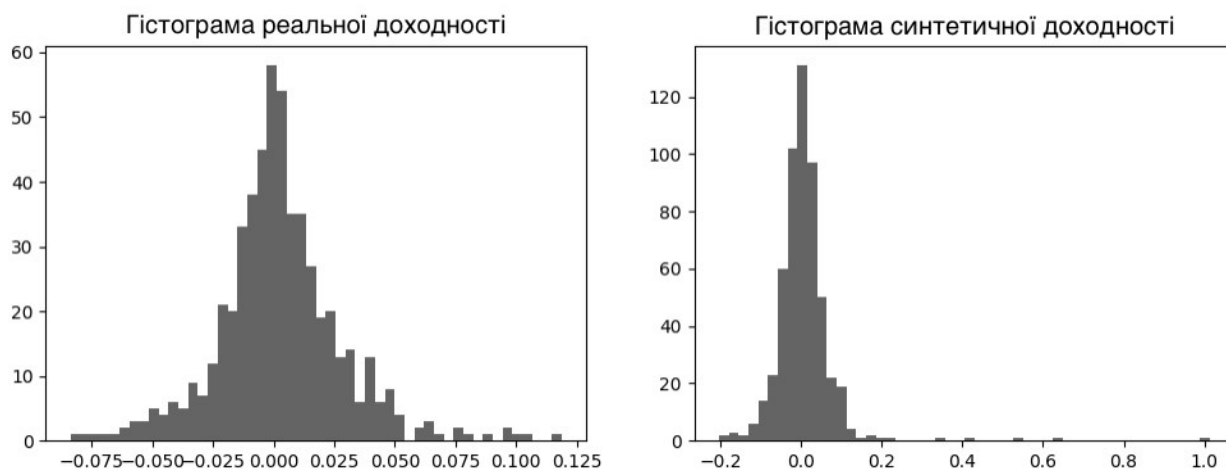


Рис 3.20 Гістограми доходностей синтетичних на реальних даних BTC

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

З рис 3.20 можна виділити наступне: на гістограмі «Гістограма реальної дохідності BTC» (ліворуч) видно, що розподіл має модальний центр у невеликому позитивному діапазоні та «важкі хвости» від’ємних значень. На «Гістограмі синтетичної дохідності BTC» (праворуч) спостерігається подібний, але більш розтягнутий розподіл із більшим розмахом коливань. Це підтверджується вищою варіацією синтетичних дохідностей.

Статистичні характеристики (варіація та ACF): Variance of returns: реальна: 0,000693; синтетична: 0,006623. Отже, згенеровані дані мають приблизно у 9–10 разів більшу дисперсію дохідностей, що свідчить про завищену волатильність моделі. ACF (автокореляційна функція) перших 10 лагів: реальна – [1; -0,064; 0,037; -0,012; 0,011; 0,021; -0,083; 0,039; -0,055; 0,043]; синтетична – [1; 0,233; -0,07; -0,13; -0,03; 0,003; -0,048; -0,059; 0,017; -0,029]. Порівняння автокореляцій свідчить, що синтетичні ряди демонструють інші взаємозв’язки між сусідніми точками (наприклад, на першому лагу кореляція вища). Це означає, що модель ще не досконало відтворює внутрішню кореляцію ринку, але наближається до реальних патернів (оскільки деякі лаги мають знаки кореляції, подібні до реальних). Відмінність у знаках і величинах автокореляцій свідчить, що модель не повністю відтворює кореляційну структуру короткострокових змін. Проте наявність позитивних/негативних значень на деяких лагах показує, що WGAN-GP у певній мірі вловлює патерни коливань.

Таблиця 3.4

Порівняння якості прогнозу BiLSTM на реальних та синтетичних даних BTC 1d

Назва моделі	MAE	RMSE	MAPE (%)	R ²
BiLSTM навчений на історичних даних	2693,18	3482,23	3,34 %	0,9601
BiLSTM навчений на синтетичних даних	2284,65	3049,05	2,79 %	0,9694

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

MAE (Mean Absolute Error): Модель на синтетичних даних дає дещо меншу похибку (2284 проти 2693). Це означає, що в середньому відхилення прогнозу від реальної ціни трохи менше. RMSE (Root Mean Squared Error): Аналогічно, RMSE у моделі на синтетичних даних нижчий (3049 проти 3482), що підтверджує меншу середньоквадратичну похибку. MAPE (Mean Absolute Percentage Error): Різниця в MAPE також свідчить, що BiLSTM, навчена на синтетичних даних, помиляється на $\sim 2,79\%$, тоді як модель на історичних даних має помилку $\sim 3,34\%$. Коефіцієнт детермінації R^2 вищий у випадку з синтетичними даними (0,9694 проти 0,9601), що вказує на кращу здатність пояснювати дисперсію цін.

На перший погляд може здатися дивним, що модель, навчена на синтетичних даних, перевершує модель, навчена на реальних. Проте слід врахувати, що синтетичні дані могли бути «згладжені» або менш шумними (залежно від налаштувань WGAN-GP), що потенційно спрощує навчання. Крім того, можливий вплив розміру вибірки, розмір вибірки синтетичних даних становив 5000 днів тобто значно перевищував вибірку у 8 років реальних даних BTC, таким чином можна констатувати що BiLSTM могла отримати вигоду від «штучного розширення» набору, що власне і є однією з цілей ансамблевого методу прогнозування.



Рис. 3.19 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM навчений на історичних даних)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

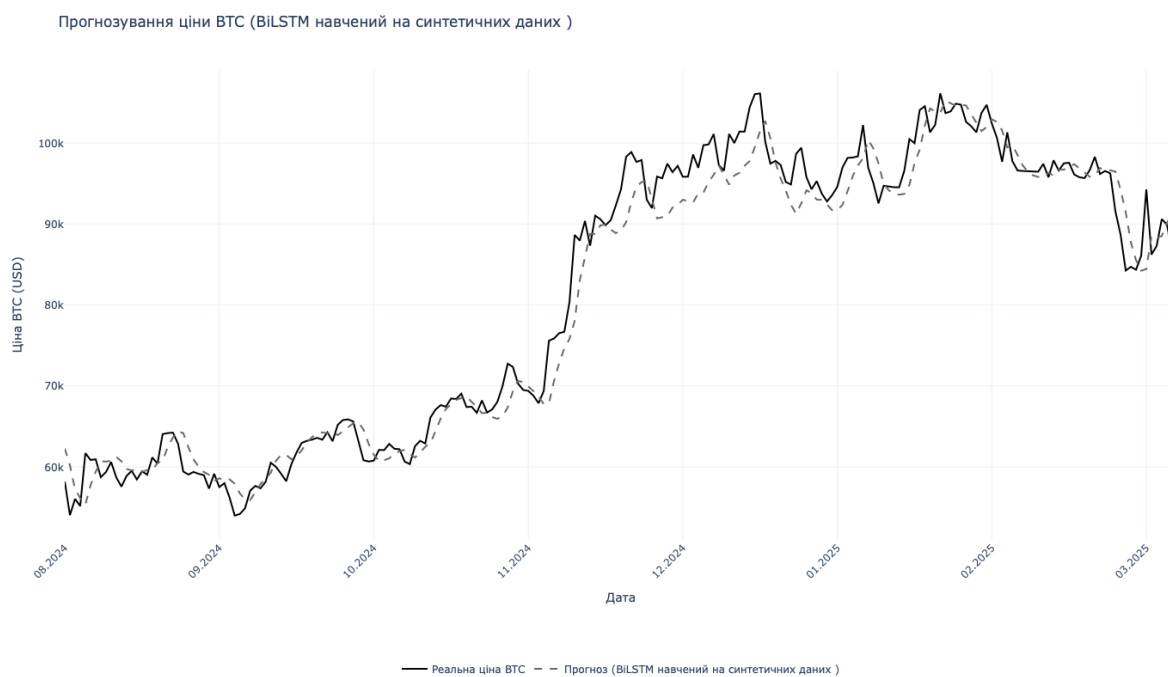


Рис. 3.20 Прогнозування ціни BTC (BiLSTM навчений на синтетичних даних)

Джерело: складено автором на основі отриманих результатів тестування.

BiLSTM, навчена на історичних даних - на рис 3.19 можна побачити, що модель досить точно відтворює динаміку цін. Лінії фактичних даних (суцільна лінія) та прогнозу (пунктирна лінія) загалом збігаються, особливо в зонах стабільного тренду.

BiLSTM, навчена на синтетичних даних - на рис 3.20 пунктирна лінія також досить тісно прилягає до суцільної, хоча місцями може бути трохи більш згладженою або з меншими коливаннями. Попри те, що навчання відбувалося на штучно згенерованому масиві даних, модель все одно спроможна вловлювати загальний тренд та локальні зміни, більш того, можна констатувати що графічно прогноз виглядає ближчим до реальних цін BTC, що пояснюється в першу чергу ширшою вибіркою ринкових ситуацій що містяться у синтетичному наборі даних (через більший об'єм синтетичних даних) на якому модель навчалася.

На основі проведеного дослідження буди виявлені такі результати:

1. Якість синтетичних даних: статистичні властивості (варіація дохідностей, ACF) свідчать, що згенеровані WGAN-GP дані відображають ключові патерни реального ринку BTC, хоча й мають певні відмінності (наприклад, більшу дисперсію дохідностей). Попри це, отримані синтетичні часові ряди досить корисні для тренування моделей машинного навчання.

2. BiLSTM на синтетичних проти історичних даних: модель, навчена на синтетичних даних, показала трохи кращі результати за більшістю метрик (MAE, RMSE, MAPE, R^2). Такий результат може бути пов'язаний з тим, що WGAN-GP іноді фільтрує шум чи доповнює трендові патерни, які простіше вловлювати моделі. Однак у реальних умовах для фінансових ринків може бути важливо, аби модель не тільки ловила основний тренд, а й навчалася на екстремальних рухах (стресових періодах). Це слід враховувати під час подальших досліджень.

3. Подальші напрями дослідження: можна покращувати якість синтетичних даних, додаючи до WGAN-GP інші параметри (наприклад, ончейн-метрики чи макроекономічні фактори). Варто також перевірити

стабільність моделей BiLSTM під час екстремальних ринкових умов і оцінити, наскільки синтетичні дані вміють відтворювати «хвости» розподілу та високі сплески волатильності. Додатково можна розглянути гібридні архітектури (наприклад, TimeGAN) або використати модель AR(1) як основу для кращого розуміння ефективності запропонованого підходу.

Таким чином, отримані результати свідчать про перспективність використання WGAN-GP для генерації синтетичних часових рядів BTC та подальшого навчання моделей прогнозування. При цьому необхідно уважно аналізувати статистичні характеристики синтетичних даних, аби вони дійсно відображали реальну мінливість і динаміку ринку.

Висновки до розділу

У третьому розділі дисертації реалізована прикладна частина дослідження, в межах якої було розроблено та емпірично перевірено гібридний підхід до прогнозування цін цифрових фінансових активів на основі інтеграції генеративного моделювання та методів глибокого навчання. Проведений аналіз дозволив виявити низку ключових закономірностей, що підтверджують ефективність застосовуваних інструментів на сучасних цифрових фінансових ринках.

У підрозділі 3.1 здійснено систематизацію архітектурних особливостей та аналітичних можливостей основних моделей машинного навчання, що використовуються для прогнозування фінансових часових рядів. Обґрунтовано доцільність застосування рекурентних нейронних мереж LSTM, зокрема їхніх удосконалених модифікацій – BiLSTM, Stacked LSTM, Recursive LSTM – у задачах виявлення довгострокових закономірностей, ринкових трендів і точок реверсії. Визначено переваги генеративних моделей, насамперед GAN, WGAN, CGAN і TimeGAN, у контексті формування синтетичних фінансових рядів для тренування моделей в умовах нестачі або фрагментарності історичних даних. Показано, що найбільш ефективні

результати досягаються за умови поєднання LSTM та GAN у межах ансамблевої архітектури, що забезпечують як точність прогнозу, так і стійкість моделей до ринкової турбулентності.

У підрозділі 3.2 здійснено оцінку впливу додавання технічних індикаторів на якість прогнозів BiLSTM-моделі. Найкращі результати досягнуто при інтеграції рівнів Фібоначчі і трохи гірше RSI, що забезпечило зниження MAE до 2284,65, RMSE – до 3049,05, MAPE – до 2,78 %, при $R^2 = 0,9694$, що суттєво перевищує результати базової моделі (MAE = 2693.17, RMSE = 3482,23, MAPE = 3,34 %, $R^2 = 0,9601$). Водночас включення індикаторів MACD і хвиль Елліотта та рівнів підтримки-опору призводило до зростання похибки, особливо на коротких часових фреймах, через їхню чутливість до локальних коливань. Це підкреслює необхідність критичного добору індикаторів відповідно до частотних властивостей даних. Також застосовано усереднення результатів між кількома гілками прогнозування, що дозволило зменшити вплив шумів та аномалій на фінальні прогнози. Проведене тестування на різних часових фреймах (денний та 4-годинний) засвідчило стабільність і адаптивність BiLSTM-моделі.

У підрозділі 3.3 реалізовано генерацію синтетичних часових рядів з використанням моделі WGAN-GP, що дозволяє компенсувати обмеженість історичних даних і забезпечити гнучке тренування прогнозних моделей. Згенерований набір із 5000 денних послідовностей, створений з урахуванням часових умов, обсягів торгів і структурної подібності до реальних ринкових циклів, використовувався як вхідний масив для навчання моделі BiLSTM. Отримані результати підтвердили гіпотезу про вищу ефективність прогнозу на синтетичних даних, ніж при використанні лише історичних: MAE знизився на 15,2 %, RMSE – на 12,4 %, MAPE – на 16,6 %, а коефіцієнт детермінації R^2 підвищився з 0,9601 до 0,9694. Це підтверджує унікальну роль WGAN-GP у створенні альтернативних ринкових сценаріїв і розширенні навчального простору для моделей глибокого навчання, особливо у фазах кризи чи аномальних ринкових коливань.

Таким чином, результати дослідження демонструють високу ефективність гібридного підходу, що поєднує генерацію синтетичних даних, багатокрокове прогнозування на основі BiLSTM та врахування технічних індикаторів. Методологія, реалізована у 3 розділі, дозволяє суттєво підвищити точність, стабільність і гнучкість прогнозів у складному середовищі цифрових фінансових ринків. Запропонований підхід може бути використаний як інструмент підтримки фінансових рішень, а також як експериментальна платформа для тестування ринкових сценаріїв і управління ризиками в умовах нестабільності.

ВИСНОВКИ

У дисертації розв'язане наукове завдання, яке полягає у виявленні та обґрунтуванні основних напрямів трансформацій міжнародних фінансових ринків та інституцій під впливом цифровізації. Проведене дослідження дає можливість отримати такі найбільш важливі висновки та узагальнення.

1. Процес цифровізації визначається як впровадження цифрових технологій у фінансові продукти та послуги, що кардинально змінює принципи функціонування міжнародних фінансових ринків та інституцій. Цифрова трансформація фінансових ринків та інституцій проявляється через розвиток систем електронних платежів, мобільного банкінгу, платформ онлайн-кредитування і цифрового страхування. В рамках існуючих теоретичних підходів цифровізація розглядається, як частина шостої технологічної хвилі в парадигмі циклів, прояв платформної трансформації економіки та з точки зору інституціонального виміру технологічного розвитку. Отже, концептуальна рамка цифрової трансформації охоплює технологічний, інституційний та інфраструктурний виміри. Основними рушіями цифровізації фінансів є глобалізація фінансових потоків, глибокі кризи, державна підтримка інновацій, розвиток ФінТеху та впровадження технологій блокчейну, ДеФі, ШІ та аналітики великих масивів даних.

2. Використання методів машинного навчання та штучного інтелекту є провідним аналітичним інструментом для роботи з великими масивами даних у межах моделювання та прогнозування. Ці моделі мають переваги порівняно з класичними стохастичними (ARIMA, GARCH), зокрема: здатність виявляти приховані нелінійні залежності, обробляти великі обсяги неоднорідних даних і забезпечувати вищу точність прогнозування за умов високої волатильності цифрових активів. Сучасні архітектури машинного навчання, придатні для фінансового аналізу включають глибокі нейронні мережі та генеративні моделі. Їх поєднання відкриває нові можливості для створення прогнозних

систем, що враховують як часову динаміку, так і структурну складність цифрових активів.

3. Напрями трансформації міжнародних фінансових ринків під впливом цифровізації доцільно розглядати через чотири основні взаємопов'язані трансформаційні треки: кібербезпекового, регуляторного, інклюзивного та треку системних ризиків. У сукупності вони формують якісно нове інфраструктурне середовище міжнародних фінансових ринків. Виокремлення цих чотирьох треків формує концептуальне підґрунтя для подальшого комплексного аналізу конкретних векторів впливу цифровізації на трансформацію міжнародних фінансових ринків, зокрема в контексті зростання кіберризиків, зміни регуляторних підходів, комплексної оцінки рівня фінансової інклюзії та системної нестабільності.

4. На основі компаративного аналізу регуляторних підходів до цифрових активів на фінансових ринках у ЄС, США та Китаї набули подальшого розвитку теоретичні положення й рекомендації щодо адаптації міжнародного регуляторного середовища до умов трансформації фінансових ринків. Основні акценти зроблено на досягненні балансу між контролем і стимулюванням інновацій, сприянні прозорості цифрових фінансів для укорінення довіри інвесторів, підвищенні нормативної гнучкості та посиленні інституційної відповідальності, не створюючи водночас бар'єрів входу для нових учасників. Основними напрямками адаптації міжнародних регуляторних рамок є легалізація цифрових активів, регламентація діяльності нових фінансових інституційних форм та запровадження цифрових валют центральних банків.

5. Цифрові технології суттєво впливають на фінансову інклюзію, породжуючи як нові можливості, так і виклики. Щоб перейти від вузького трактування фінансової інклюзії до її багатовимірного розуміння як соціально зумовленого процесу, що відображає нерівномірність трансформацій міжнародних фінансових ринків унаслідок цифровізації, доцільно доповнити традиційні підходи якісними критеріями: рівнем цифрової грамотності, доступом до цифрової інфраструктури, гендерними,

соціальними та територіальними бар'єрами, а також ризиками алгоритмічної дискримінації.

6. Цифровізація є не лише інструментом інновацій, а й джерелом нових системних ризиків на міжнародних фінансових ринках. Вона спричинила перехід від локальних технічних інцидентів до системних кіберзагроз, здатних дестабілізувати цілі сегменти ринку. Основними каналами поширення ризиків виступають розвиток відкритих API, блокчейн-платформ, ДеФі сервісів і масивів персональних даних. Особливу загрозу становлять високотехнологічні атаки з використанням ШІ, злами ДеФі, порушення смартконтрактів, а також інциденти з геополітичним підґрунтям. Це зумовлює потребу в проактивній системі кіберзахисту, що поєднує ШІ рішення, міжнародну координацію та стандарти кіберстійкості. Трансформація фінансової системи через поширення небанківських фінансових посередників, алгоритмічну торгівлю, токенизацію активів, розвиток ДеФі та впровадження ШІ змінює канали передачі ризиків і підвищує рівень ринкової нестабільності. Мультимодальний підхід до оцінювання ризиків, що враховує гнучкість регуляторної відповіді, технічну вразливість інфраструктури та нормативну асиметрію між юрисдикціями, є ефективним інструментом виявлення, оцінки та нейтралізації цифрових системних ризиків. Розрахунки VaR і CVaR для традиційного портфеля та портфеля з помірною криптоекспозицією (дохідність зросла з 8,5 % до 19,4 %, VaR з -1,18 % до 1,72 %, CvaR: -1,89 % до -2,78 %) засвідчили погіршення поведінки портфеля в умовах стресу попри зростання дохідності. У періоди ринкових шоків цифрові активи не лише втрачають диверсифікуючі властивості, а й можуть підсилювати загальні втрати портфеля.

7. Цифровізація суттєво змінює архітектуру та логіку функціонування міжнародних фінансових інституцій, сприяючи зниженню операційних витрат, підвищенню ефективності управління ризиками та адаптації стратегій до очікувань клієнтів. Інтеграція технологій ШІ, машинного навчання й аналітики великих даних забезпечує перехід фінансових інституцій до нової

моделі прийняття рішень. Технологія блокчейн і криптовалюти трансформують платіжну інфраструктуру, відкриваючи нові можливості для транскордонних розрахунків, диверсифікації активів і створення децентралізованих фінансових сервісів. Змінюється інституційна роль банків – з'являються нові типи суб'єктів: ФінТех-компанії, необанки, платформ змішаного типу: спостерігається зсув до платформної моделі функціонування, централізації ризик-менеджменту, автоматизації регуляторної взаємодії, формування нових цифрових посад і технологічної інтеграції у корпоративну структуру.

8. Розроблений гібридний підхід до прогнозування цін цифрових активів на основі моделей машинного навчання – генеративної моделі WGAN-GP для створення синтетичних часових рядів і адаптивної багатокрокової моделі прогнозування BiLSTM з інтеграцією індикаторів технічного аналізу – дав змогу згенерувати 5000 днів синтетичних цін закриття BTC для розширення навчального простору та відтворення альтернативних сценаріїв руху цін. За результатами навчання на згенерованих синтетичних даних прогнозна точність BiLSTM підвищилась: MAE знизилась з 2693,18 до 2284,65, RMSE – з 3482,23 до 3049,05, MAPE – з 3,34 % до 2,78 %, а R^2 підвищився з 0,9601 до 0,9694. Емпіричне дослідження впливу технічних індикаторів на точність прогнозування продемонструвало: погіршення результатів за умов чотиригодинного горизонту без інтеграції індикаторів ($MAE = 2923,74$, $RMSE = 3888,6$, $MAPE = 3,29 \%$, $R^2 = 0,9495$); обмежену ефективність технічних індикаторів на денних даних; високу ефективність інтеграції рівнів Фібоначчі ($R^2 = 0,9811$), хвиль Елліотта ($R^2 = 0,9811$) та RSI ($R^2 = 0,9723$) на коротких таймфреймах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабич О. А. Вплив цифровізації на фінансові інституції // Київський економічний науковий журнал. – 2023. – № 3 – <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2023-3-1>
2. Бабич О. А. Прогнозування цін криптовалют за допомогою штучного інтелекту: інтеграція технічного аналізу та теорій циклів із моделями машинного навчання // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент. – 2025. – №62. – <https://doi.org/10.32782/2413-2675/2025-62-3>
3. Бабич О. А. Системні ризики та нестабільність ринку: аналіз впливу швидкої цифровізації на світові фінансові ринки // Економіка та суспільство. – 2025. – № 71. – <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-97>
4. Бабич О. А. Цифровізація фінансових ринків, сучасні проблеми та виклики // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. –2023. – № 3 (129). – <https://doi.org/10.32782/1814-1161/2023-3-1>
5. Болдова А., Болдов А. Діджиталізація банківських сервісів як передумова подальшого розвитку фінансового простору України // Економіка та суспільство. – 2022. – № 42. – <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-42-8->
6. Верховна Рада України. Постанова НБУ від 04.11.2010 № 481 «Про електронні гроші в Україні» // Законодавство України».
7. Верховна Рада України. Про захист персональних даних : Закон України від 01.06.2010 № 2297-VI // «Законодавство України».
8. Гриценко А. А. Інформаційно-цифровий етап розвитку соціально-економічних систем // Економка України. 2022. № 1. – С. 29 – 46. – <https://doi.org/10.15407/economyukr.2022.01.029>
9. Докієнко Л. М. Цифрова трансформація фінансів підприємства // Підприємництво та інновації. – 2022. – Вип. 22. – С. 18– 25.
10. Дубина М., Холявко Н., Попело О. Цифровізація ринку фінансових послуг: переваги та ризики для домогосподарств // Науковий

вісник Полісся. – 2023. – № 2 (25). – С. 160–177. –

[https://doi.org/10.25140/2410-9576-2022-2\(25\)-160-177](https://doi.org/10.25140/2410-9576-2022-2(25)-160-177)

11. Ключка О. В., Глінський Д. Г. Вплив цифровізації на ефективність банківської діяльності // Актуальні проблеми економіки. – 2024. – № 3 (273). – С. 128–134.

12. Коваленко В. В., Радова Н. В. Цифровізація економіки та її вплив на фінансову стабільність банків // Східна Європа: економіка, бізнес та управління. – 2021. – Вип. 1 (28). – Розділ: Гроші, фінанси і кредит. – <https://doi.org/10.32782/easterneurope.28-11>

13. Копилова О., Пічугіна Ю., Гончар К. Діджиталізація банківського сектору України – виклики та перспективи // Економіка та суспільство. – 2023. – № 50. – <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-50-47>

14. Краус К. М., Краус Н. М., Поченчук Г. М. Інституціональні аспекти та цифровізація фінансової інклюзії в національній економіці // Innovation and Sustainability. – 2022. – № 2. – С. 18–28. – <https://doi.org/10.31649/ins.2022.2.18.28>

15. Литовченко І. Л. Трансформація ринку в сучасних умовах переходу до цифрової економіки // Економіка України. – 2020. – № 1 (698). – С. 36–47. – <https://doi.org/10.15407/economyukr.2020.01.036>

16. Матей В. В., Буз А. О. Фінансові технології як драйверструктурної трансформації міжнародних електронних платіжних систем // Інвестиції: практика та досвід. – 2022. – № 23. – С. 60–66. – <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2022.23.60>

17. Міщенко В. І., Науменкова С. В., Міщенко С. В. Теоретичні засади та практичні аспекти впровадження і використання цифрових грошей // Економічна теорія. – 2022. – № 2. – С. 44–66. – <https://doi.org/10.15407/etet2022.02.044>

18. Міщенко В., Науменкова С. Механізми державної підтримки використання штучного інтелекту для забезпечення стійкості економічного розвитку. Економіка України. – 2024. – 67. 5(750). – С. 30–56.

19. Міщенко В.І. Механізми регулювання процесів цифровізації для забезпечення національно укоріненої стійкості економічного розвитку // Економічний простір. – 2024. – № 189. – С. 283–290. – <https://doi.org/10.32782/2224-6282/189-50>.

20. Міщенко В.І. Світовий досвід державної підтримки використання цифрових технологій та можливості його адаптації в умовах України // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: Економічні науки. – 2022. – № 1(57). – С. 148–151. – <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2022-1-7858>

21. Міщенко В.І. Стратегічне управління процесами цифрової трансформації економіки // Економіка України. – 2022. – № 1. – С. 67–81. – <https://doi.org/10.15407/economyukr.2022.01.067>.

22. Науменкова С. В., Міщенко С. В. Методологічні засади регулювання випуску та обігу цифрових грошей центральних банків // Економічний простір. – 2022. – № 180. – С. 174–181. – <https://doi.org/10.32782/2224-6282/180-29>

23. Попело О. В., Холявко Н. І., Тарасенко А. В. Світові тенденції диджиталізації ринку фінансових послуг // Економіка. Інформаційні технології в економіці. – 2022. – № 4. – С. 58–64. – <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-4-58-64>

24. Приятельчук О. А. Порухення фінансових технологій: поява необанків в епоху цифрової трансформації // Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. – 2023. – № 39. – С. 152–159. – <https://doi.org/10.5281/zenodo.10215931>

25. Приятельчук О. А. Цифрова торгівля на глобальних ринках: тенденції та виклики // Журнал стратегічних економічних досліджень. Проблеми розвитку економіки. – 2023. – № 4(15). – С. 50–54. – <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2023.4.6>

26. Реверчук С. К., Творидло О. І. Цифровізація банківського бізнесу: виклики та можливості для державного регулювання // Економіка та суспільство. – 2023. – № 55. – <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-45>

27. Рощина Н. В., Шевчук О. А., Кустарьова К. М. Дослідження міжнародного фінансового ринку в умовах діджиталізації: нові можливості // Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут». – 2021. – № 18. – <https://doi.org/10.20535/2307-5651.18.2021.231459>

28. Ситник Н. С., Половчак І. Р. Цифровізація та кібербезпека у забезпеченні фінансової безпеки банків в умовах війни // Галицький економічний вісник. Тернопіль: ТНТУ, 2024. Том 89. № 4. С. 70–81.

29. Тріпак М. М., Тимків А. О., Сидор Г. В. Можливості фінансової інклюзії у трансформаційних процесах соціально-економічних відносин // Сталий розвиток економіки: виклики, можливості, стратегічні напрями : колект. монографія / За наук. ред. О. О. Беляєвої. – Полтава: ЦФЕНД, 2023. – С. 202–223. – <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-321-7-10>.

30. Уманців Ю., Бабкова Є. Цифровізація економіки у контексті глобальних тенденцій суспільного розвитку // Геополітика України: історія і сучасність. – 2021. – Вип. 2 (27). – С. 102–113. – [https://doi.org/10.24144/2078-1431.2021.2\(27\).102-113](https://doi.org/10.24144/2078-1431.2021.2(27).102-113)

31. Циганов С., Сініцин О., Примостка Л., Циганова Н., Краснова І. Формування структури капіталу багатонаціональних корпорацій: новий підхід // Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики. – 2025. – Т. 1(60). – С. 158–170. – <https://doi.org/10.55643/fcaptr.1.60.2025.4690>.

32. Циганов С.А., Циганова Н.В. Структурні трансформації на фінансових ринках в умовах глобального розвитку // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: Економічні науки. – 2023. – №10. – <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-10>.

33. Шевченко І.О., Переселков В.І. Цифровізація і підприємництво: основні аспекти сьогодення // Часопис економічних реформ. – 2024. – № 4(56). – С. 115–117. – <https://doi.org/10.32620/cher.2024.4.14>.

34. Шкарлет С. М., Дубина М. В. Світові тенденції розвитку InsurTech на ринку фінансових послуг // Стратегічні засади розвитку національного господарства в умовах нестаціонарної економіки : колективна монографія. – Чернігів : ЧНТУ, 2019. – С. 85–95.
35. Яровенко Т. С., Бутенко Є. І. Трансформація міжнародних фінансових центрів у глобальній економіці // Галицький економічний вісник. – Тернопіль : ТНТУ, 2023. – Т. 83, № 4. – С. 159–164.
36. 2024 Data Breach Investigations Report. – New York, NY: Verizon, 2024. – 100 p.
37. Aldridge I., Avellaneda M. Big Data Science in Finance. – Hoboken: Wiley, 2021. – 336 p. – ISBN 978-1-119-60298-9.
38. Allen F., Gale D. Systemic Risk and Regulation // The Risks of Financial Institutions / eds. M. Carey, R. Stulz. – Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. – 2007 – P. 341–368.
39. Alliance for Financial Inclusion. Policy Model for Gender Inclusive Finance. – Kuala Lumpur: AFI, 2023. – 56 p.
40. Arjovsky M., Chintala S., Bottou L. Wasserstein GAN // Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning (ICML). – 2017. – Vol. 70. – P. 214–223.
41. Arner D. W., Barberis J., Buckley R. P. FinTech, RegTech, and the Reconceptualization of Financial Regulation // Northwestern Journal of International Law & Business. – 2017. – Vol. 37, № 3. – P. 371–413.
42. Arner D. W., Barberis J., Buckley R. P. The evolution of fintech: A new post-crisis paradigm? // Georgetown Journal of International Law. – 2016. – Vol. 47, № 4. – P. 1271–1319.
43. Auer R., Cornelli G., Frost J. Rise of the central bank digital currencies: Drivers, approaches, and technologies // BIS Working Paper № 880. – Basel: Bank for International Settlements, 2020.
44. Bank for International Settlements. Central bank digital currencies: ongoing policy perspectives // BIS Paper № 33. – Basel: BIS, 2023.

45. Basel Committee on Banking Supervision. Digitalisation of Finance. – Basel: Bank for International Settlements, 2024. – ISBN 978-92-9259-760-3.

46. Better Markets. AI in the financial markets: Potential benefits, major risks, and regulators trying to keep up [Електронний ресурс] – 20.02.2025. – Режим доступу: <https://bettermarkets.org/analysis/ai-in-the-financial-markets-potential-benefits-major-risks-and-regulators-trying-to-keep-up/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

47. Binance. Historical cryptocurrency market data [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.binance.com/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

48. BlackBerry. BlackBerry Quarterly Global Threat Report – January 2025 [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу: <https://www.blackberry.com/us/en/solutions/threat-intelligence/threat-report>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

49. Vorovykh A., Bohte S., Oosterlee C. Conditional Time Series Forecasting with Convolutional Neural Networks [Електронний ресурс] – 2017. – Режим доступу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.04691> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

50. Bosco F., Totolo E. Cybersecurity: A Crucial Ingredient for Responsible Finance and Consumer Protection [Електронний ресурс] // Center for Financial Inclusion. – 2024. – Режим доступу: <https://www.centerforfinancialinclusion.org/cybersecurity-a-crucial-ingredient-for-responsible-finance-and-consumer-protection/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

51. Boston Consulting Group, QED Investors. Global Fintech 2024: Prudence, Profits, and Growth [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.bcg.com/publications/2023/future-of-fintech-and-banking>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

52. Box G. E. P., Jenkins G. M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. – San Francisco: Holden-Day, 1970.

53. Breachsense. Equifax Data Breach Case Study: Causes and Aftermath [Електронний ресурс] // Breachsense. – 2024. – Режим доступу: <https://www.breachsense.com/blog/equifax-data-breach/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

54. Breiman L. Bagging predictors // Machine Learning. – 1996. – Vol. 24, № 2. – P. 123–140. – <https://doi.org/10.1007/BF00058655>

55. Breiman L. Random forests // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45, № 1. – P. 5–32. – DOI: 10.1023/A:1010933404324

56. Brewster T. Fraudsters Cloned Company Director’s Voice In \$35 Million Bank Heist, Police Find [Електронний ресурс] // Forbes. – 14.10.2021. – Режим доступу: <https://www.forbes.com/sites/thomasbrewster/2021/10/14/huge-bank-fraud-uses-deep-fake-voice-tech-to-steal-millions/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

57. Brock A., Donahue J., Simonyan K. Large Scale GAN Training for High Fidelity Natural Image Synthesis [Електронний ресурс] – 2018. – Режим доступу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1809.11096> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

58. Brockwell P. J., Davis R. A. Time Series: Theory and Methods. – 2nd ed. – New York: Springer, 1991. – 580 с. – (Springer Series in Statistics). – ISBN: 978-0-387-97429-3 (hardcover), 978-1-4419-0319-8 (softcover), 978-1-4419-0320-4 (eBook). – <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0320-4>

59. Brownlee J. Deep Learning for Time Series Forecasting: Predict the Future with MLPs, CNNs and LSTMs in Python [Електронний ресурс] – Machine Learning Mastery, 2017. – Режим доступу: <https://machinelearningmastery.com/deep-learning-for-time-series-forecasting/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

60. Buckley R. P., Arner D., Veidt R., Zetsche D. Building Fintech ecosystems: Regulatory sandboxes, innovation hubs and beyond // Washington University Journal of Law & Policy. – 2020. – Vol. 61. – P. 55.

61. Business Insider. October Bond Market Flash Crash 2015: What Really Happened [Електронний ресурс] – 2015. – Режим доступу: <https://www.busines>

sinsider.com/october-bond-market-flash-crash-2015-3 (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

62. Buterin V. Ethereum White Paper: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform [Електронний ресурс] – 2013. – Режим доступу: <https://ethereum.org/en/whitepaper/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

63. Chainalysis Team. 2022 Biggest Year Ever for Crypto Hacking with \$3.8 Billion Stolen, Primarily from DeFi Protocols and by North Korea-linked Attackers [Електронний ресурс] – 2023. – Режим доступу: <https://www.chainalysis.com/blog/2022-biggest-year-ever-for-crypto-hacking/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

64. Chainalysis Team. Leveraging Transparency for Collaboration in the Wake of Record-Breaking Bybit Theft [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу: <https://www.chainalysis.com/blog/bybit-exchange-hack-february-2025-crypto-security-dprk/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

65. Chainalysis. 2023 Crypto Crime Report. – New York: Chainalysis Inc., 2023. – P. 109

66. Chainalysis. The 2024 Crypto Crime Report. – New York: Chainalysis Inc., 2024.

67. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – New York, NY: Association for Computing Machinery, 2016. – P. 785–794. – DOI: 10.1145/2939672.2939785

68. Chinese Academy of Financial Inclusion. Digital Financial Inclusion in China. – Beijing: Chinese Academy of Financial Inclusion, 2021. – 70 pp.

69. Claroty. NotPetya: Looking Back Six Years Later [Електронний ресурс] // Claroty Blog. – 2023. – Режим доступу: <https://claroty.com/blog/notpetya-looking-back-six-years-later> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

70. CMS. CMS Expert Guide to Crypto Regulation: China [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-crypto-regulation/china> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

71. Coincub. Europe Crypto Report 2025 [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу: <https://coincub.com/ranking/europe-crypto-report-2025/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

72. Cornelli G., Doerr S., Frost J., Gambacorta L. Crypto Shocks and Retail Losses // BIS Bulletin. – Basel: Bank for International Settlements, 2023. – № 69. – 10 pp. – ISBN: 978-92-9259-635-4. – ISSN: 2708-0420.

73. Corporate Finance Institute. 2010 Flash Crash: Causes, Timeline, and Lessons [Електронний ресурс] – 2023. – Режим доступу: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/equities/2010-flash-crash/>

74. Cyber Insurance: Risks and Trends 2025 [Електронний ресурс] // Munich Re. – 2025. – Режим доступу: <https://www.munichre.com/en/insights/cyber/cyber-insurance-risks-and-trends-2025.html>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

75. Cybersecurity Ventures. Cybercrime to cost the world \$10.5 trillion annually by 2025 [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу: <https://cybersecurityventures.com/hackerpocalypse-cybercrime-report-2016/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

76. Danzeng Z., Gao H., Guan Z. Algorithms and High-Frequency Trading in Financial Markets // Transactions on Economics, Business and Management Research. – 2024. – Vol. 14. – P. 8–15. – <https://doi.org/10.62051/b92tz779>

77. Dark Reading. Average cost of a data breach in 2020: \$3.86M [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу: <https://www.darkreading.com/vulnerabilities-threats/average-cost-of-a-data-breach-in-2020-3-86m>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

78. Darktrace. State of AI Cyber Security 2024 [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://darktrace.com/resources/state-of-ai-cyber-security-2024>.

79. Datareportal. Digital 2023: Ukraine [Електронний ресурс] – 2023. – Режим доступу: <https://datareportal.com/reports/digital-2023-ukraine> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

80. Deutsche Welle. Japan's Nikkei sees biggest tumble since 1987 crash [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.dw.com/en/japan-nikkei-sees-biggest-tumble-since-1987-crash/a-69857520> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

81. Diebold F. X. Elements of Forecasting. – 4th ed., illustrated. – Mason, OH: Thomson/South-Western, 2007. – 366 p. – ISBN 978-0-324-35904-6

82. Dietterich T. G. Ensemble Methods in Machine Learning // Multiple Classifier Systems. MCS 2000 / eds. J. Kittler, F. Roli. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2000. – (Lecture Notes in Computer Science, vol. 1857). – P. 1–15. – https://doi.org/10.1007/3-540-45014-9_1

83. Donahue J., Krähenbühl P., Darrell T. Adversarial Feature Learning [Електронний ресурс] – 2016. – Режим доступу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1605.09782> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

84. Dziuba P. Asymmetry in Risk and Return Fluctuations as a Factor Driving International Portfolio Investments in Crisis Periods // Współpraca Europejska = European Cooperation. – 2017. – №1(20). – С. 23–34.

85. Dziuba P., Hrysenko M., Matei V. Identifying Risks of Global Finance Digital Transformation // Review of Economics and Finance. 2022. Vol. 20. P. 1001–1008. – <https://doi.org/10.55365/1923.x2022.20.111>

86. Dziuba P., Pryiatelchuk O., Rusak D. Equity Markets Risks and Returns: Implications for Global Portfolio Capital Flows During Pandemic and Crisis Periods // Baltic Journal of Economic Studies. – 2021. – Vol. 7, № 3. – P. 97–108. – <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2021-7-3-97-108>

87. Ecofin Agency. Mobile Internet Access Still Limited in Africa: Millions Remain Offline [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.ecofinagency.com/telecom/2403-46534-mobile-internet-access-still-limited-in-africa> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

88. Elliott R. N. The Wave Principle. – New York: The Foundation for the Study of Cycles, 1938. – 33 p.

89. Engle R. F. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation // *Econometrica*. – 1982. – Vol. 50, № 4. – P. 987–1007. – <https://doi.org/10.2307/1912773>

90. European Banking Authority; European Central Bank. 2024 Report on Payment Fraud. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024. – 35 p. – DOI: 10.2824/782573.

91. European Central Bank. Recent advances in modelling systemic risk using network analysis [Електронний ресурс] – Frankfurt am Main: ECB, 2010. – 36 p. – ISBN 978-92-899-0611-1. – Режим доступу: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/modellingsystemicrisk012010en.pdf> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

92. European Parliament; Council of the European Union. Directive (EU) 2015/2366 on payment services in the internal market (PSD2) // *Official Journal of the European Union*. – 2015. – L 337. – P. 35–127.

93. European Parliament; Council of the European Union. Regulation (EU) 2023/1114 of the European Parliament and of the Council of 31 May 2023 on markets in crypto assets (MiCA) // *Official Journal of the European Union*. – 2023. – L 150. – P. 40–178.

94. European Parliament; Council of the European Union. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data (General Data Protection Regulation, GDPR) // *Official Journal of the European Union*. – 2016. – L 119. – P. 1–88.

95. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). ENISA Threat Landscape 2023: July 2022 – June 2023. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. – 113 p. – ISBN: 978-92-9204-645-3. – DOI: 10.2824/782573

96. Europol. 150 arrested in dark web drug bust as police seize €26 million [Електронний ресурс] – 2021. – Режим доступу: <https://www.europol.europa.eu/>

media-press/newsroom/news/150-arrested-in-dark-web-drug-bust-police-seize-%E2%82%AC26-million. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

97. ExpressVPN. The true cost of cyber-attacks in 2024 and beyond [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.expressvpn.com/blog/the-true-cost-of-cyber-attacks-in-2024-and-beyond/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

98. F-Prime Capital. State of Fintech. Banking sector 2024 [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://fintechindex.fprimecapital.com/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

99. Financial Stability Board. Global Monitoring Report on Non-Bank Financial Intermediation 2024: report / Financial Stability Board. – Basel: FSB, 2024. – 76 р.

100. Financial Stability Board. The financial stability risks of decentralised finance 2023: report / Financial Stability Board. – Basel: FSB, 2024. – 45 р.

101. FinDev Gateway. Financial Inclusion Year in Review 2024 [Електронний ресурс] / FinDev Gateway. – 2025. – 34 р. – Режим доступу: <https://www.findevgateway.org/guide/2025/01/financial-inclusion-year-in-review-2024> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

102. Fischer T., Krauss C. Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions // European Journal of Operational Research. – 2018. – Vol. 270, № 2. – P. 654–669. – <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.054>.

103. Framework Security. The Target Breach: A Historic Cyberattack with Lasting Consequences [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.frameworksec.com/post/the-target-breach-a-historic-cyberattack-with-lasting-consequences>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

104. Freedom House. Ukraine: Freedom on the Net 2023 [Електронний ресурс] – 2023. – Режим доступу: <https://freedomhouse.org/country/ukraine/freedom-net/2023> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

105. Freeman C., Louçã F. As Time Goes By: From the Industrial Revolutions to the Information Revolution. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – 424 p.

106. Freund Y., Schapire R. E. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting // Journal of Computer and System Sciences. – 1997. – Vol. 55, № 1. – P. 119–139. – <https://doi.org/10.1006/jcss.1997.1504>

107. Friedman J. H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine // Annals of Statistics. – 2001. – Vol. 29, № 5. – P. 1189–1232. – <https://doi.org/10.1214/aos/1013203451>

108. Gambacorta L. Digital banking: opportunities and challenges (BIS Working Paper № 1011): presentation / Leonardo Gambacorta; Bank for International Settlements. – Basel: BIS, 2023. – 13 p. – Presented at the IMF – Singapore Regional Training Institute, Singapore, 2023-05-11.

109. Garg S. Evaluating Financial Inclusion through PMJDY: A Case Study of Barachh Village // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). – 2024. – T. 12, № XI. – P. 1376–1378. – DOI: 10.22214/ijraset.2024.65390.

110. Gartner. Gartner identifies the top cybersecurity trends for 2025 [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-03-03-gartner-identifiesthe-top-cybersecurity-trends-for-2025>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

111. Gers F. A., Schmidhuber J., Cummins F. Learning to forget: Continual prediction with LSTM // Neural Computation. – 2000. – Vol. 12, № 10. – P. 2451–2471. – <https://doi.org/10.1162/089976600300015015>

112. Gomber P., Koch J.-A., Siering M. Digital finance and fintech: Current research and future research directions // Journal of Business Economics. – 2017. – Vol. 87, № 5. – P. 537–580.

113. Goodell J. W., Goutte S. COVID-19 and FinTech: How pandemic accelerated digital finance // Finance Research

Letters. – 2021. – Vol. 38. – Article 3777562. –

<https://doi.org/10.2139/ssrn.3777562>.

114. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge, MA: The MIT Press, 2016. – 800 p. – ISBN: 978-0-262-03561-3

115. Goodfellow I., Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair S., Courville A., Bengio Y. Generative Adversarial Networks // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2014. – Vol. 3. – DOI: 10.1145/3422622

116. Graves A. Supervised Sequence Labelling with Recurrent Neural Networks. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. – XIV, 146 p. – (Studies in Computational Intelligence; vol. 385). – ISBN: 978-3-642-24796-5 (hardcover), 978-3-642-24797-2 (eBook).

117. Graves A., Mohamed A.-r., Hinton G. Speech Recognition with Deep Recurrent Neural Networks // Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – 2013. – Vol. 38. – P. 6645–6649. – DOI: 10.1109/ICASSP.2013.6638947

118. Greff K., Srivastava R. K., Koutnik J., Steunebrink B. R., Schmidhuber J. LSTM: A search space odyssey // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. – 2017. – Vol. 28, № 10. – P. 2222–2232. –

<https://doi.org/10.1109/TNNLS.2016.2582924>

119. Hamilton J. D. Time Series Analysis. – Princeton, NJ: Princeton University Press, 1994. – XX, 799 p. – ISBN 978-0-691-04289-3.

120. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, № 8. – P. 1735–1780. –

<https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>

121. IBM Security. Cost of a data breach report 2024 [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/reports/data-breach>.

(дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

122. IBM Security. X-Force Threat Intelligence Index 2024 [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.ibm.com/reports/t>

[hreat-intelligence](https://www.ibm.com/reports/t). (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

123. InnReg. US Crypto Regulation: Federal and State Guidelines [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу: <https://www.innreg.com/blog/us-crypto-regulation>.

124. International Monetary Fund; Financial Stability Board. G20 Crypto-asset Policy Implementation Roadmap: Status report. – Geneva: International Monetary Fund; Financial Stability Board, 2024. – 44 p.

125. International Monetary Fund. Global Financial Stability Report, October 2024: Steadying the Course: Uncertainty, Artificial Intelligence, and Financial Stability. – Washington, D.C.: IMF, 2024. – 128 p.

126. International Monetary Fund. Powering the digital economy: Opportunities and risks of artificial intelligence in finance // IMF Departmental Papers. – 2021. – № 024.

127. International Organization of Securities Commissions (IOSCO). Annual Report 2023. – Madrid: IOSCO, 2024. – 108 p.

128. International Telecommunication Union. Facts and Figures 2023: Internet Use [Електронний ресурс] – 2023. – Режим доступу: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2023/10/10/ff23-internet-use> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

129. INTERPOL. FATF-INTERPOL partnership: putting trillions in illicit profits back into legitimate economies [Електронний ресурс] – 2023. – Режим доступу: <https://www.interpol.int/News-and-Events/News/2023/FATF-INTERPOL-partnership-putting-trillions-in-illicit-profits-back-into-legitimate-economies>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

130. Investopedia. Agency Theory [Електронний ресурс] // Investopedia. – Режим доступу: <https://www.investopedia.com/terms/a/agencytheory.asp>

131. Investopedia. Conditional Value at Risk (CVaR) [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.investopedia.com/terms/c/conditional_value_at_risk.asp (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

132. Investopedia. Value at Risk (VaR) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.investopedia.com/terms/v/var.asp> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

133. ISMS.online. ISO 27701, The Privacy Information Management Standard [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.isms.online/iso-27701/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

134. Jabbar A., Li X., Bourahla O. A Survey on Generative Adversarial Networks: Variants, Applications, and Training // ACM Computing Surveys. – 2021. – Vol. 54. – P. 1–49. – DOI: 10.1145/3463475

135. JPMorgan Chase & Co. Annual Report 2024. – New York: JPMorgan Chase & Co., 2025. – 337 p.

136. Karim F., Majumdar S., Darabi H., Harford S. Multivariate LSTM-FCNs for time series classification // Neural Networks. – 2019. – Vol. 116. – P. 237–245. – <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2019.04.014>

137. Karras T., Laine S., Aila T. A style-based generator architecture for generative adversarial networks // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2019. – P. 4401–4410. – <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00451>

138. Kingma D. P., Welling M. Auto-Encoding Variational Bayes // arXiv preprint arXiv:1312.6114. – 2013. – 14 p. – <https://arXiv.org/abs/1312.6114>

139. Kondratiev N. D. The Major Economic Cycles / transl. by W. Stolper. – New York: International Institute for Economic Research, 1984.

140. KPMG International. Pulse of Fintech H2'24: Global Analysis of Fintech Funding [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу: <https://kpmg.com/fintechpulse>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

141. KPMG New Zealand. Financial Institutions Performance Survey 2023: bank sector review / KPMG New Zealand; ed. John Kensington. – Auckland: KPMG, 2024. – 75 p.

142. Lannquist A., Tan B. Central Bank Digital Currency's Role in Promoting Financial Inclusion. – Washington, D.C.: International Monetary Fund, 2023. – 37 p. – IMF Fintech Note 2023/011.

143. Lim B., Arık S., Loeff N., Pfister T. Temporal Fusion Transformers for interpretable multi-horizon time series forecasting // International Journal of Forecasting. – 2021. – Vol. 37. – P. 1748– 1764. – <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.03.012>

144. Liu R., Tsyvinski A. Risks and returns of cryptocurrency // The Review of Financial Studies. – 2021. – Vol. 34, № 6. – P. 2689– 2727. – <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa113>

145. Mărcine V., Voican O., Scarlat E. The Digital Transformation and Disruption in Business Models of the Banks under the Impact of FinTech and BigTech // Proceedings of the International Conference on Business Excellence. – 2020. – Vol. 14. – P. 294–305. – <https://doi.org/10.2478/picbe-2020-0028>

146. Matei V. Application of artificial intelligence in investment portfolio management // Economics. Finance. Law. – 2024. – № 8. – P. 127–131. – <https://doi.org/10.37634/efp.2024.8.26>.

147. McKinsey & Company. How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point—and transformed business forever. / McKinsey & Company Surway. – 2020. – 9 p.

148. McKinsey & Company. The cyber clock is ticking: Derisking emerging technologies in financial services. / McKinsey & Company Report. – 2024. – 28 p.

149. Mendelson S. Financial Inclusion Compass 2024 [Електронний ресурс] / Sam Mendelson. – Luxembourg: European Microfinance Platform (e-MFP), 2024. – Режим доступу: <https://www.e-mfp.eu/resources/the-financial-inclusion-compass-2024---english-> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

150. Mirza M., Osindero S. Conditional Generative Adversarial Nets // arXiv preprint arXiv:1411.1784. – 2014.

151. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Електронний ресурс] – 2008. – Режим доступу: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

152. Narayanan A., Bonneau J., Felten E., Miller A., Goldfeder S. Bitcoin and cryptocurrency technologies: A comprehensive introduction. – Princeton: Princeton University Press, 2016.

153. Nelson D. B. Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach // *Econometrica*. – 1991. – Vol. 59, № 2. – P. 347 – 370. – <https://doi.org/10.2307/2938260>

154. North D. C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. – Cambridge: Cambridge University Press, 1990. – 152 p.

155. OECD. Digitalisation of Financial Services, Access to Finance and Aggregate Economic Performance / OECD Economics Department Working Papers, № 1818. – Paris: OECD Publishing, 2024. – 57 p.

156. Papathomas A., Konteos G. Financial institutions digital transformation: the stages of the journey and business metrics to follow // *Journal of Financial Services Marketing*. – 2024. – Vol. 29, № 3. – P. 590–606.

157. Parker G., Van Alstyne M., Choudary S. P. Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You. – New York: W. W. Norton & Company, 2016. – 352 p.

158. Pascanu R., Mikolov T., Bengio Y. On the difficulty of training recurrent neural networks // *Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning (ICML 2013)* / eds. S. Dasgupta, D. McAllester. – Atlanta, Georgia, USA: PMLR, 2013. – Vol. 28, № 3. – P. 1310–1318.

159. Petersons, E. Artificial Intelligence and Machine Learning in Digitalization // *SSRN Electronic Journal*. – 2023. – <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4723046>

160. Ponemon Institute. State of AI in Cybersecurity Report 2024 // *MixMode*. – 2024.

161. President of the United States. Executive Order 14178: Strengthening American Leadership in Digital Financial Technology [Електронний ресурс] – Washington, D.C.: The White House, 2025. – Режим доступу: <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/01/strengthening-american-leadership-in-digital-financial-technology/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

162. Press Information Bureau of India. Rural Internet Expansion and Digital India Initiatives [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=2040566> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

163. Putri R. K., Athoillah M. Artificial Intelligence and Machine Learning in Digital Transformation: Exploring the Role of AI and ML in Reshaping Businesses and Information Systems // *Advances in Digital Transformation – Rise of Ultra-Smart Fully Automated Cyberspace* / ed. [unknown]. – London: IntechOpen, 2024. – pp. 1–17.

164. PwC. Global fintech report: Digital inclusion and inequality [Електронний ресурс] – 2023. – Режим доступу: <https://www.pwc.com/gx/en/fintech-report-2023>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

165. Radford A., Metz L., Chintala S. Unsupervised Representation Learning with Deep Convolutional Generative Adversarial Networks // arXiv preprint arXiv:1511.06434. – 2015. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/1511.06434>

166. Ratha D., Chandra V., Kim E. J., Mahmood A., Plaza S. Remittances Slowed in 2023, Expected to Grow Faster in 2024 // *Migration and Development Brief* / KNOMAD Trust Fund. – Washington, D.C.: The World Bank Group, 2023. – Режим доступу: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099714008132436612> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

167. Reslow A., Soderberg G., and Tsuda N. Cross-Border Payments with Retail Central Bank Digital Currencies: Design and Policy Considerations // *IMF Fintech Note 2024/002*. – 2024 – 43 p.

168. Reuters. Russia conducted mass cyberattack on Ukraine's state registries, deputy PM says [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.reuters.com/technology/cybersecurity/russia-conducted-mass-cyber-attack-ukraines-state-registries-deputy-pm-says-2024-12-19/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

169. Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. Learning representations by back-propagating errors // *Nature*. – 1986. – Vol. 323, № 6088. – P. 533–536. – <https://doi.org/10.1038/323533a0>

170. Safaricom PLC Annual Report and Financial Statements 2023. – Nairobi: Safaricom PLC, 2023. – 276 p.

171. Satellite Today. Latin America: A Growing Market for Satellite Connectivity Services [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://interactive.satellitetoday.com/via/july-2024/latin-america-a-growing-market-for-satellite-connectivity-services> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

172. Schinasi G., Garry J. Safeguarding Financial Stability: Theory and Practice. – Washington, D.C.: International Monetary Fund, 2006. – 332 p.

173. Schorr M. D. The SEC Approves the Investors Exchange Speed Bump [Електронний ресурс] // *The Hedge Fund Journal*. – 2016. – Issue 116. – Режим доступу: <https://thehedgefundjournal.com/the-sec-approves-the-investors-exchange-speed-bump/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

174. Schumpeter J. A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge: Harvard University Press.

175. Shahid F., Zameer A., Muneeb M. Predictions for COVID-19 with deep learning models of LSTM, GRU and Bi-LSTM // *Chaos, Solitons & Fractals*. – 2020. – Vol. 140. – Article ID: 110212. – <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110212>

176. Shevchenko I. A comprehensive approach to policy formation in the era of digital technologies // *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. – 2023. – Vol. 8, № 2. – P. 115–121. – <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2023-2-16>.

177. Shevchenko I., Lysak O., Zalievska-Shyshak A., Mazur I., Korotun M., Nestor V. Digital Economy in a Global Context: World Experience // International Journal of Professional Business Review. – 2023. – Vol. 8, № 4. – P. 01– 16. – <https://doi.org/10.26668/businessreview/2023.v8i4.1551>.

178. SiamiNamini S., Tavakoli N., Namin A. S. The performance of LSTM and Bi-LSTM in forecasting time series // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). – 2019. – P. 3285– 3292. – <https://doi.org/10.1109/BigData47090.2019.9005997>

179. Soderberg G., Kiff J., Tourpe H., Bechara M., Forte S., Kao K., Lannquist A., Sun T., Yoshinaga A. How Should Central Banks Explore CBDC? A Dynamic Decision-Making Framework // IMF Fintech Note 2023/008. – 2023. – 43 p.

180. Statista. Cost of data breaches in the financial industry worldwide [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.statista.com/statistics/1324063/cost-of-data-breaches-in-financial-industry-worldwide/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

181. Stefanelli V., Manta F., Toma P. Digital financial services and open banking innovation: Are banks becoming invisible? [Електронний ресурс] – 2022. – Режим доступу: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.01109>

182. Straub, R., & Tchakarov, I. Assessing the impact of a change in the composition of public spending: a DSGE approach // European Central Bank Working Paper Series. – №795. – Frankfurt am Main: ECB, 2007. – 51 p.

183. Takahashi S., Chen Y., Tanaka-Ishii K. Modeling financial time-series with generative adversarial networks // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2019. – Vol. 527. – Art. № 121261. – <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121261>

184. Taylor M. The Digital Yuan: Purpose, Progress, and Politics [Електронний ресурс] // Made in China. – 2024. – Т. 9, № 1. – P. 68–73. – <https://doi.org/10.22459/MIC.09.01.2024.08>

185. The Block. Annualized BTC Volatility (30d) [Електронний ресурс] // The Block. – Режим доступу: <https://www.theblock.co/data/crypto-markets/prices/annualized-btc-volatility-30d>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

186. The True Cost of Cybercrime: Why Global Damages Could Reach \$1.2–\$1.5 trillion by End of Year 2025 [Електронний ресурс] // Cyber Defense Magazine. – 2025. – Режим доступу: <https://www.cyberdefensemagazine.com/the-true-cost-of-cybercrime-why-global-damages-could-reach-1-2-1-5-trillion-by-end-of-year-2025/>.

187. Tierno, P. Artificial Intelligence and Machine Learning in Financial Services. – Washington, D.C.: Congressional Research Service, 2024. – 24 p.

188. Top Cybersecurity Statistics for 2025 [Електронний ресурс] // Cobalt. – 2025. – Режим доступу: <https://www.cobalt.io/blog/top-cybersecurity-statistics-2025>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

189. Trend Micro. Pushing the Outer Limits: Trend Micro 2024 Midyear Cybersecurity Threat Report [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу: <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/research-and-analysis/threat-reports/roundup/pushing-the-outer-limits-trend-micro-2024-midyear-cybersecurity-threat-report>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

190. Tsyhanov S., Buz A. Philosophy of money as foundational framework for the conceptual order of the international monetary and financial system // Actual problems of International Relations. – №159 – 2023. – <https://doi.org/10.17721/apmv.2024.159.1.124-137>

191. U.S. Securities and Exchange Commission. Official website of the U.S. Securities and Exchange Commission: Legal framework and regulatory acts on crypto assets [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://www.sec.gov/securities-topics/crypto-assets> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

192. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems / ed. by I. Guyon, U. von Luxburg, S. Bengio,

H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, R. Garnett. – Red Hook, NY: Curran Associates, Inc., 2017. – Vol. 30.

193. Verhun V. A., Pryiatelchuk O. A. Digital assets as payment instruments: Essence and practice of implementing // Bulletin of Mariupol State University. Series: Economics. – 2023. – 25. – P. 167–173. – <https://doi.org/10.34079/2226-2822-2023-13-25-167-173>

194. Vidal M. F., Barbon F. Credit Scoring in Financial Inclusion: How to Use Advanced Analytics to Build Credit-Scoring Models that Increase Access [Електронний ресурс] – Washington, D.C.: Consultative Group to Assist the Poor (CGAP), World Bank, 2019. – 46 p. – Режим доступу: <https://www.cgap.org/research/publication/credit-scoring-financial-inclusion> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

195. Woollaston-Webber V. What links the 2016 Bangladesh Bank heist to the Sony Pictures hack? BAE's Adrian Nish explains [Електронний ресурс] // WIRED. – 2016. – Режим доступу: <https://www.wired.com/story/adrian-nish-threat-intelligence/>. (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

196. World Bank Group. Digital Financial Services / World Bank Group, Consultative Group to Assist the Poor (CGAP). – Washington, DC: World Bank, 2020. – 43 p.

197. World Bank. The Global Findex Database 2021: Financial Inclusion, Digital Payments, and Resilience in the Age of COVID-19– Washington, DC: The World Bank, 2022. – 132 p.

198. World Economic Forum. Accenture. Artificial Intelligence in Financial Services: Transformation of Industries in the Age of AI. – White paper. – January 2025. – Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2025. – 27 p.

199. Yahoo Finance. Market data and financial securities quotes [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://finance.yahoo.com/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

200. Yoachimik O., Pacheco J. DDoS threat report for 2023 Q4 [Електронний ресурс] // Cloudflare Blog. – 2024. – Режим доступу:

<https://blog.cloudflare.com/ru-ru/ddos-threat-report-2023-q4/> (дата звернення: 27 квітня 2025 р.)

201. Yoon J., Jarrett D., van der Schaar M. Time-series Generative Adversarial Networks // *Advances in Neural Information Processing Systems* / ed. by H. Wallach, H. Larochelle, A. Beygelzimer, F. d'Alché-Buc, E. Fox, R. Garnett. – Red Hook, NY: Curran Associates, Inc., 2019. – Vol. 32.

202. Zakoian J.-M. Threshold heteroskedastic models // *Journal of Economic Dynamics and Control*. – 1994. – Vol. 18, Iss. 5. – P. 931– 955. – [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0165-1889(94)90039-6)

203. Zayats O., Yarema T., Pryiatelchuk O. Determinants of increasing the innovation capacity of ukraine // *Baltic Journal of Economic Studies*. – 2023. – Т. 9, № 3. – 108–115. – <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2023-9-3-108-115>

204. Zetzsche D. A., Buckley R. P., Arner D. W., Barberis J. N. From FinTech to TechFin: The Regulatory Challenges of Data-Driven Finance // *New York University Journal of Law & Business*. – 2018. – Vol. 14, № 2. – P. 393– 446.

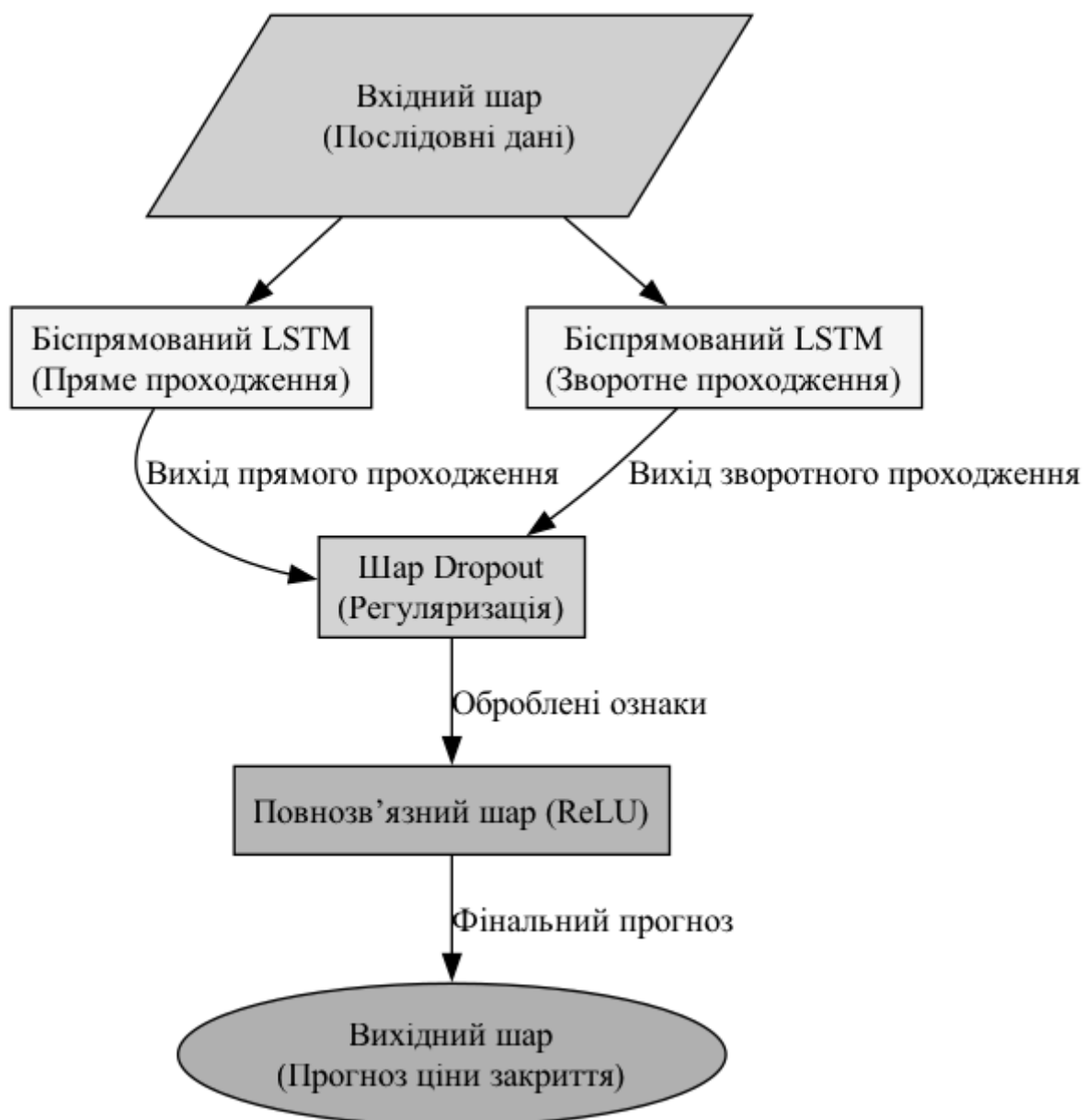
205. Zetzsche D., Arner D., Buckley R. Decentralized finance // *Journal of Financial Regulation*. – 2020. – Vol. 6. – P. 172–203.

206. Zhang H., Xu T., Li H., Zhang S., Wang X., Huang X., Metaxas D. N. StackGAN: Text to photo-realistic image synthesis with stacked generative adversarial networks // *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*. – 2017. – P. 5907 – 5915. – <https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.629>

207. Zhuoma D., Gao H., Guan Z. Algorithms and High-Frequency Trading in Financial Markets // *Transactions on Economics, Business and Management Research*. – 2024. – Vol. 14. – Warwick Evans Publishing.

ДОДАТКИ
ДОДАТОК А

Схема архітектури моделі BiLSTM



ДОДАТОК Б

Схема архітектури моделі WGAN-GP

