

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**

Економічний факультет

Кафедра економічної кібернетики

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**  
**на тему «ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ**  
**ПОКАЗНИКІВ ФОНДОВИХ РИНКІВ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ХВИЛЬ»**

студентки 2 курсу магістратури  
спеціальності 051 «Економіка»  
ОПП «Економічна кібернетика»  
денної форми навчання  
Губської Марини Богданівни

**Науковий керівник:**

доктор економічних наук, професор  
Ставицький Андрій Володимирович

Засвідчую, що в цій роботі немає запозичень  
із праць інших авторів без відповідних  
посилань

Студент   
(підпис)

Роботу допущено до захисту перед ЕК  
рішенням кафедри економічної кібернетики  
від 11 травня 2023 р., протокол № 15

Завідувач кафедри:

доктор економічних наук, професор  
Ляшенко Олена Ігорівна \_\_\_\_\_

(підпис)

## РЕФЕРАТ

**Кваліфікаційна робота магістра містить:** 59 ст., 3 рис., 6 табл., 61 джерело, додатки.

**Ключові слова:** фондовий ринок, хвилі Елліота, моделювання динаміку курсу, прогнозування цін активів, нейронні мережі.

**Об'єкт дослідження:** динаміка показників фондового ринку.

**Мета дослідження:** хвильові теорії для прогнозування динаміки фондових ринків.

**Методи дослідження:** історико-логічний і системний підходи, метод порівняння, спостереження, вимірювання, узагальнення, статистичного аналізу, економіко-математичного моделювання через використання нейронної мережі на базі моделі нечіткої логіки.

**Наукова новизна, теоретична значимість дослідження:** протестовано використання хвильового принципу Елліота для різних активів на фондовому ринку з метою пошуку універсальної моделі.

**Практична цінність:** результати дослідження можуть бути використані при аналізі та прогнозуванні динаміки активів фондових ринків незалежно від їхнього виду та часового проміжку.

## RESUME

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Economics, Department of Economic Cybernetics

Key words: stock market, Elliott waves, rate dynamics modeling, asset price forecasting, neural networks.

The graduation research describes the features of modeling the dynamics of volatile stock market indicators using a neural network. The result of the study is a universal model for such analysis and forecasting, regardless of the type of asset and the period in which it is studied.

Pages 59, pictures 3, tables 6, bibliog. 61, append.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ОГЛЯД ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ФОНДОВИХ РИНКІВ .....	8
1.1. Фондові ринки як частина фінансового ринку .....	8
1.2. Огляд основних показників фондових ринків .....	14
1.3. Передумови та чинники, що впливають на коливання в показниках фондових ринків .....	19
Висновки до розділу 1 .....	23
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ХВИЛЬ У МОДЕЛЮВАННІ РОЗВИТКУ ФОНДОВИХ РИНКІВ .....	25
2.1. Характеристика хвильових теорій, що застосовуються в аналізі економічних явищ та фондового ринку .....	25
2.2. Оцінка ефективності застосування теорії хвиль при прогнозуванні фондового ринку на конкретних прикладах .....	32
2.3. Визначення основних етапів моделювання для прогнозування динаміки фондового ринку при застосуванні хвильової теорії .....	35
Висновки до розділу 2 .....	37
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОВОЇ ТЕОРІЇ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ФОНДОВИХ РИНКІВ .....	39
3.1. Процес моделювання динаміки фондового ринку за допомогою хвильової теорії Елліота .....	39
3.2. Тестування та оцінка результатів моделювання .....	43
3.3. Аналіз отриманих результатів та побудова прогнозу розвитку фондових ринків у короткочасовій перспективі .....	49
Висновки до розділу 3 .....	54
ВИСНОВКИ .....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	60
ДОДАТКИ .....	67

## ВСТУП

Фондовий ринок – це частина фінансового ринку, яка є досить динамічною та від якої залежать безліч процесів в економіці. Розуміння поведінки активів на фондовому ринку є значною перевагою його учасників, адже це дає певну свободу в прийнятті рішень та більшу ймовірність отримання прибутку при меншому значенні ризику. Власне, одним із підходів до прогнозування фондового ринку є накладання на нього шаблонів хвильових теорій. Зрозуміло, що для поточної ситуації не підійдуть лише довгі цикли економіки (хвилі Кондратьєва, наприклад), а потрібно вдаватися до пошуку нових рішень та напрямків дослідження.

Зазначене обумовлює **актуальність** досліджень, результатом яких має бути розробка та тестування універсальних моделей для прогнозування різних типів показників на фондовому ринку на відповідних часових проміжках. Доцільно зауважити про важливість побудови універсальної моделі для моделювання та подальшого прогнозування будь-яких показників у різній динаміці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що проблема посідає значне місце серед сучасних наукових праць, як у межах України, так і закордоном. Кожен із науковців намагається підібрати найоптимальніший метод, щоб пояснити волатильність ринку. Зокрема, над питанням моделювання фондового ринку працювали такі представники закордонної науки: Арвін М. [25], Манджунат Кв. [21], Прадан Р. [25], Пречтер Р. [27], Сехар М. [21], Стаплей Н. [31], Твед Л. [33], Уолтерс Т. [11], Фрост А. [27], Хейс А. [11]. Серед вітчизняних науковців є внески у питання моделювання фондового ринку таких вчених, як: Бунда Н.Б. [61], Гадецька З. [41], Герасименко О.М. [43], Гнатюк Р.А. [44], Жайворонок І.Р. [48], Камінський А.Б. [17], Ключко Л.А. [54], Кравчук А.С. [56], Куліда В. [51], Кулініч Т.В. [48], Матвійчук А.В. [50], Овраченко А. [51], Орляцький О. [41], Селіванова К.В. [54], Татарин Н.Б. [56], Трунін Д. [41].

Сучасні дослідження показують ряд варіантів використання тих чи інших хвильових теорій для прогнозування показників. Вчені зробили істотний внесок у вивчення моделювання фондових ринків, однак окремі аспекти проблеми все ще залишаються актуальними, зокрема відсутні узагальнені висновки щодо ефективності застосування різних підходів до активів на фондовому ринку різних типів. Це дозволяє зробити висновок про потребу продовження досліджень ефективних варіантів прогнозування показників на фондових ринках.

Наукова актуальність обумовили вибір теми, мету та завдання дослідження.

**Темою дипломної роботи** є «Економіко-математичне моделювання показників фондових ринків на основі теорії хвиль».

**Метою** визначаємо моделювання динаміки показників фондового ринку за допомогою хвильових теорій. Для досягнення поставленої мети було визначено наступні **завдання**, які умовно поділили на три групи, а саме:

1. ознайомитися з теоретичними аспектами діяльності фондових ринків:
  - 1.1. розглянути особливості фондових ринків як частити фінансового ринку;
  - 1.2. здійснити огляд показників фондового ринку;
  - 1.3. визначити чинники, що впливають на коливання показників фондових ринків;
2. проаналізувати використання теорії хвиль у моделюванні розвитку фондових ринків:
  - 2.1. охарактеризувати хвильові теорії, що застосовуються в економіці та моделюванні фондового ринку, зокрема;
  - 2.2. оцінити ефективність застосування теорії хвиль при прогнозуванні фондового ринку на конкретних прикладах;
  - 2.3. визначити основні етапи моделювання фондового ринку за допомогою теорії хвиль;

3. здійснити прогноз динаміки окремих показників на фондовому ринку за допомогою теорії хвиль:

3.1. побудувати модель динаміки фондового ринку з використанням хвильового принципу Елліота;

3.2. протестувати та оцінити отримані результати;

3.3. проаналізувати побудовані моделі та здійснити прогнози.

**Об’єктом дослідження** є динаміка показників фондового ринку.

**Предмет дослідження** – хвильові теорії при прогнозування динаміки фондових ринків.

Визначені завдання досягалися через використання як загальнонаукових, так і спеціальних методів дослідження соціально-економічних явищ, зокрема історико-логічний і системний підходи, метод порівняння, спостереження, вимірювання, узагальнення, статистичного аналізу. Однак основою роботи став метод економіко-математичного моделювання через використання методів машинного навчання.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає в тому, що вперше було протестовано використання хвильового принципу Елліота для різних активів на фондовому ринку; внесено вклад у розвиток методів машинного навчання в економіці.

Апробацією наукового дослідження став виступ на науковій конференції «Шевченківська весна 2023» на базі економічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка 29–31 березня 2023 р. (секція «Моделювання та інформаційні технології в економіці: напрями розвитку та адаптація під час війни»).

Інформаційною базою дослідження є історичні дані, що відображають динаміку активів фондового ринку, зокрема вартість 1 акції Apple (AAPL), значення індексу S&P 500 (S&P), валютна пара EUR/USD (EUR\_USD), а також вартість криптовалюти Bitcoin (BTC) на місячних, тижневих та денних відрізках часу за період з 2010 року; наукові праці, статті відповідної проблематики

вітчизняних і зарубіжних дослідників, періодичні видання, матеріали міжнародних конференцій.

**Практична цінність** роботи полягає в тому, що результати дослідження можуть бути використані при аналізі динаміки активів фондових ринків незалежно від їхнього виду на різних часових проміжках та їхнє прогнозування на наступний період.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаної літератури із 61 позиції та додатків. Загальний обсяг становить 84 сторінки, основний текст займає 58 сторінок.

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ОГЛЯД ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ФОНДОВИХ РИНКІВ

Фондові ринки як частина фінансового сектору економіки дедалі частіше користуються все більшою популярністю, адже є хорошою альтернативою залучення та перерозподілу вільного капіталу в економічні процеси з одного боку та отримання прибутку з прийнятними для кожного індивіда ризиками з іншого. Фондовий ринок з огляду на це виступає серйозним драйвером економічного зростання країни чи окремого сектору. Досить важливо для всіх учасників ринку розуміти ситуацію, що складається, чинники, що впливають на коливання курсів цінних паперів, щоб у результаті правильно зреагувати на той чи інший виклик та зберегти свій інвестиційний портфель із бажаним рівнем доходності.

### *1.1. Фондові ринки як частина фінансового ринку*

Фінансовий ринок – це сфера економічних відносин, де здійснюється купівля-продаж, розподіл і перерозподіл фінансових активів країни між сферами економіки [42]. Фінансовий ринок є невід’ємною частиною економічної системи будь-якої країни, адже безпосередньо регулює потоки фінансових активів. Одразу зауважимо, що однією з 10 Цілей сталого розвитку ООН є покращення регулювання та моніторингу світових фінансових ринків, що підтверджує актуальність та важливість розгляду зазначеної теми, а Світовий банк ще з минулого століття виступає за створення та розвиток саме фондочих ринків у країнах, що розвиваються, враховуючи особливості існуючих ринків у розвинених країнах [36].

Фінансовий ринок включає в себе різні напрямки фінансової активності, зокрема прямі інвестиції, кредити, державні облігації, банківські інструменти, корпоративні акції та облігації, похідні фінансові інструменти (деривативи), валюти, криптовалюти, а також товари тощо [15]. Звідси бачимо, що ринок

цінних паперів є частиною фінансового ринку країни, а саме ринку капіталу, як це показано на схемі на рис. А1 додатку А.

Відповідно до [15], фондовий ринок поряд зі сферою обігу цінних паперів (ЦП) у вигляді купівлі-продажу короткотермінових (до одного року) документів є частиною ринку цінних паперів. Однак, одразу зауважимо, що досить часто поняття «фондовий ринок» та «ринок цінних паперів» як у теорії, так і на практиці ототожнюються. Оскільки для обраної теми дослідження такі дискусії не впливають на кінцевий результат, у подальшому ці поняття будемо вживати як синонімічні.

За іншою, поширеною в іноземній літературі класифікацією, фондовий ринок безпосередньо є частиною фінансового ринку поряд із ринком деривативів, облігацій, ринком Форекс, товарним та криптовалютним ринками (рис. А2 додатку А).

Під фондовим ринком сьогодні розуміють механізм акумулювання заощаджень та їхню трансформацію в інвестиції [57]. Фондовий ринок створює необхідні умови для швидкої мобілізації фінансових ресурсів. Водночас такий ринок називають сферою, де реалізуються економічні та правові відносини, пов'язані з випуском та обігом цінних паперів, між тими, хто випускає та продає, і тими, хто купує та стає їхнім власником. Такий капітал у коротко- та довгостроковій перспективі створює довгостроковий капітал, який можна спрямувати на інші варіанти підвищення прибутковості (Х. Патрік, У. Вай, [24]). На додачу до цього, аналізована частина фінансового ринку відіграє роль посередника в кредитних відносинах і відносинах співволодіння за допомогою цінних паперів.

Фондовий ринок є особливою формою торгівлі фінансовими ресурсами, яка опосередковується випуском та обігом цінних паперів (А. Босак, Ю. Дойнік [40]). Ю. Колупаєв, С. Залюбовська вважають під фондовим ринком сукупність відносин цивільно-правового характеру, які відповідають за рух капіталів у формі цінних паперів [46].

Н. Стаплей у книзі «Фондовий ринок: Гайд для приватного інвестора» називає фондовий ринок ключем до структурних перетворень у будь-якому типі економіки, який допоможе перейти від традиційної, зарегульованої, ненадійної банківської системи до більш гнучкої та безпечної, що має імунітет до неочікуваних різких коливань, шоків, кризових явищ, низької довіри інвесторів [31].

Як бачимо, існує багато підходів до визначення поняття «фондовий ринок», окремі з них представлено в табл. А1 додатку А.

Узагальнюючи підходи вітчизняних та іноземних науковців, ми вважаємо, що фондовий ринок – це частина фінансового ринку країни, зокрема ринку цінних паперів, що є своєрідним інструментом швидкої мобілізації вільного капіталу для його трансформації в інвестиції через емісію, купівлю та продаж цінних паперів.

При цьому одразу зауважимо, що не варто плутати фондовий ринок із фондовою біржою, які є лише його частиною, незважаючи на те, що саме перші фондові біржі були прообразом сучасного фондового ринку, стали джерелом для його розвитку. Такі фондові біржі починалися із «кав'ярень», в яких збиралися «трейдери» для обміну акціями своїх компаній в голландському Антверпені, торгівлі акціями Ост-Індської компанії в англійському Лондоні у XVII-XVIII ст., а згодом, у XIX ст., переросли в повноцінну фондову біржу на Уолл-стріт в Нью-Йорку.

Фондовий ринок поділяється на дві частини: первинні (сюди відносимо ринок інструментів власності, ринок інструментів позики, ринок іпотечних ЦП, ринок похідних ЦП) та вторинні ЦП (включає біржовий ринок ЦП, позабіржовий ринок ЦП). На первинному ринку мають місце перші та повторні випуски (емісії) ЦП. На вторинному ринку відбувається перерозподіл раніше емітованих на первинному ринку ЦП.

Детальніша характеристика ринку цінних паперів наведена в табл. А2 додатку А.

Для успішного функціонування фондового ринку потрібно три елементи: інвестори, майданчики, де можна розміщувати вкладення, та об'єкти для інвестування. Суб'єктами фондових ринків є емітенти, інвестори, посередники, органи регулювання та інші учасники, що підтримують інфраструктуру ринку. Головні суб'єкти: емітенти та інвестори, – при роботі на фондовому ринку користуються «золотим правилом інвестування» (чим більший прибуток – тим більший ризик) та діють так, щоб досягти своїх цілей: отримати прибуток, зменшити ризики та при цьому володіти високоліквідним капіталом. Власне, емітенти прагнуть залучити додаткові кошти для розширення своєї діяльності, а інвестори вкладають свій вільний капітал для його примноження та отримання пасивного доходу з прийнятним для себе ризиком. Однак, водночас для участі в фондовому ринку необхідно мати спеціальні знання або наймати фахівця для консультування. Окрім цього, гра на фондовому ринку потребує постійної уваги за його динамікою. При оцінці співвідношення «ризик-прибуток» доцільно звернути увагу на такі показники, як альфа-, бета-коефіцієнти, стандартне відхилення,  $R^2$ , коефіцієнт Шарпа тощо [38].

Банки, спеціальні кредитно-фінансові інститути або ж фондові біржі акумулюють інвестовані грошові накопичення та направляють їх на виробниче та невиробниче вкладення капіталів [42]. Зрозуміло, що неможлива правильна робота функціонування ринку без незалежного прозорого регулятора, адже існує гостра необхідність у захисті усіх учасників фондового ринку від можливого шахрайства та системних помилок.

Фондовий ринок на сьогодні є не просто частиною фінансового сектору, а став необхідністю для залучення додаткового оборотного капіталу для розвитку економіки через емісію та продаж цінних паперів. Емісія цінних паперів дозволяє підвищити мобільність фінансових ресурсів без збільшення загальної грошової маси в обігу [55].

Завдяки ринку цінних паперів відбувається мобілізація вільних фінансових ресурсів з метою подальшого їхнього інвестування. При цьому компанія, випускаючи цінні папери, уникає взяття кредитів та виплати відсотків за ними,

що є менш вигідним для неї. Іншими функціями фондового ринку є перерозподіл ризиків; облік; контроль; збалансування попиту і пропозиції фінансових активів; стимулювання; регулювання [15]. Беззаперечно те, що фондові ринки є місцем формування курсу цінних паперів.

Фондовий ринок дозволяє більш ефективно використовувати заощадження, не вилучаючи їх із кругообігу капіталу в економіці. Цінні папери виступають альтернативою депозитам, тобто є одним із варіантів зберігання та примноження власного капіталу за умови прийняття ризику такого вкладення коштів. ЦП в середньому дозволяють отримувати дохід у розмірі від 2–3 % до 50–60 % річних (зазвичай дохідність залежить від рівня ризику). Інвестори фондового ринку мають можливість періодично отримувати дивіденди та ефективно контролювати ризики. Більше того, ринок цінних паперів робить фінансові активи ліквідними.

Активна робота фондового ринку має ряд значних переваг для економіки країни в цілому. Зокрема, випуск цінних паперів значно полегшує процес інвестування в реальний сектор економіки країни, адже не потрібно зайвий раз проводити переговори, робити оцінки, визначати умови, зобов'язання сторін угоди тощо.

Це все створює передумови для впливу на економічне зростання. Дослідження за період з 1980 по 1988 рр. 40 країн показує позитивний зв'язок між ростом національних економік та вартістю фондового ринку у відношенні до ВВП [2]. Іншим дослідженням на цю тему є публікація Р. Прадхана [25], в якій показаний зв'язок між економічним розвитком 16 країн Азії та їхніми фондовими ринками через панельну VAR-модель. Автор робить висновок, що якщо країни прагнуть отримати додатковий драйвер економічного зростання, варто пришвидшувати подальший розвиток фондових ринків. Це не дивно, адже фондовий ринок є джерелом інвестицій для проектів та способом диверсифікації ризиків.

Ф. Гарсія та Л. Ліу піднімають питання про те, що зростання обсягів операцій за посередництва фондового ринку спричиняє зростання реальних

доходів населення. Окрім цього, доводиться обернена залежність: зростання доходів населення запускає на новий рівень фондовий ринок [9, с. 39]. Таким чином, важливо зберігати стабільність фондового ринку. Вважається, що стійкий фондовий ринок повинен базуватися на таких принципах: соціальна справедливість, надійність захисту інвесторів, урегульованість, контрольованість, ефективність, правова упорядкованість, прозорість, відкритість, конкурентність.

Якщо звернутися до території України, то варто вказати на низький рівень розвитку фондового ринку. Причин цьому є багато: починаючи від низької фінансової грамотності населення та відсутності широкої обізнаності про можливість інвестування на фондових біржах, закінчуючи недостатньою розвиненістю законодавчої бази та «тінізацією» економіки. Поки що в Україні основними інструментами фондового ринку є облігації внутрішньої державної позики.

За К. Селівановою, на фондовий ринок впливає ряд багатьох чинників: неповнота інформації про діяльність учасників ринку, недостатнє законодавче регулювання, залежність вітчизняного ринку від світових тенденцій. Водночас варто вказати на обмежену кількість ліквідних та інвестиційно привабливих фінансових інструментів для інвесторів [54].

Водночас не можна не зауважити про позитивні кроки, що робляться в нашій державі на шляху до становлення дієвого фондового ринку. В Україні в рамках Національної економічної стратегії–2030 у 2021 році було підписано Меморандум щодо створення універсального хабу для ринків капіталу та товарних ринків, тобто зроблено перші кроки в напрямку відкриття повноцінного фондового ринку [52].

Отже, фондовий ринок – це складний механізм, що виступає драйвером економічного зростання. Фондовий ринок є організаційною ланкою між тими, хто шукають варіанти інвестування вільного капіталу, та тими, хто потребує такого грошового притоку для розширення виробництва.

Врахування ризиків для обох сторін операцій на фондовому ринку є основою прийняття рішень гравців фінансового ринку щодо того, чи погоджуватися на запропоновану угоду.

### *1.2. Огляд основних показників фондових ринків*

Діяльність на фондовому ринку, як зазначалося вище, завжди пов'язане з ризиком, тому важливо розуміти його стан та динаміку розвитку для управління можливою нестабільністю [4].

Передусім зауважимо, що розуміння якості розвитку фондового ринку в країні можна отримати, проаналізувавши основні показники, а саме параметри щодо його ліквідності, місткості та концентрації [38].

Під ліквідністю розуміється спроможність ринку пом'якшувати неочікувані коливання в попиті та пропозиції без значного коливання курсів цінних паперів, визначається через сукупну оборотність цінних паперів, обсяг обороту, розмір спреду.

Інший показник – місткість ринку – характеризує насиченість ринку фінансовими інструментами та учасниками (обраховується через кількість емітентів (акцій, облігацій тощо), що пройшли лістинг); капіталізацію ринку (ринкову вартість боргових (непогашених) цінних паперів, що обертаються на ринку в певний момент часу).

Третім параметром є концентрація ринку, яка обраховується як частка найбільших емітентів у біржовому обороті [38].

Окрім цього, для аналізу ситуації на фондовому ринку використовується ряд показників: від аналізу стану конкретного фондового ринку через фондові індекси до розуміння стабільності національної економіки чи галузі, у межах якої діє бажана для інвестування компанія, через загальноприйняті макроекономічні показники. Детальніше зупинимося на цих характеристиках окремо.

У цілому, фондовий індекс – це показник вартості зрізу фондового ринку. Фондові індекси включають у себе характеристику ряду компаній, що є провідними на аналізованому ринку, а, отже, відображають стан цього ринку,

який у цілому буде притаманним для більшості акцій. При цьому, нас не завжди цікавлять абсолютні значення індексів, а безпосередньо хвилює їхня динаміка, тобто досить часто індекс повинен залежати не безпосередньо від самих акцій, а від зміни їхньої вартості, щоб передбачати розуміння напрямку руху ринку та дати відповідь на питання: «Варто чи не варто інвестувати?».

Фондові індекси виконують дві функції: інвестиційну (через фондовий індекс проводиться оцінка інформаційних потоків (реакція ринку на інфошуми), а також фільтрується інформація, тобто виділяється важливе та ігнорується незначне) та інструментоутворюючу (фондовий індекс розглядається як базовий актив для створення фінансових інструментів, перевіряється відповідність акцій окремої компанії загальним ринковим тенденціям, що показані фондовим індексом) [43].

Зауважимо також, що фондові індекси узагальнюють макроекономічну ситуацію щодо інвестиційного клімату, є інструментами для аналізу та прогнозування динаміки ринку цінних паперів, виступають орієнтирами для розуміння ефективності управління портфелями ЦП. Ринкові індикатори зазвичай характеризують настрої, що присутні на ринку, підняття/опускання загальних показників, діапазон ринку (компанії, що досягли нових максимумів, будуть порівнюватися з тими, які перетнули нові позначки мінімумів, упродовж обраного проміжку часу).

Фондовий індекс для багатьох інвесторів стає бенчмарком у провадженні діяльності. На цей показник орієнтуються, коли оцінюють стан ринку та порівнюють дохідність конкретних інвестицій, адже окремий портфель інвестора не може бути індикатором динаміки всього ринку. Важливо розуміти, наскільки портфель кращий (можна вважати, що портфель правильно сформовано, однак все ще варто проаналізувати можливості його покращення) чи гірший (у цьому випадку потрібно переглянути його складові та змінити ті, що приносять негативний ріст) за загальну тенденцію фондового ринку. Індекс відображає зміну курсових цін та динаміку певної групи цінних паперів, які складають, так званий, «індексний кошик».

Зауважимо, що між фондовими індексами та економічною безпекою торгів існує пряма залежність, що підтверджується дослідженням [43] на прикладі українського ПФТС. Таким чином, аналіз фондових індексів дозволяє приймати рішення щодо інвестування та моделювати для прогнозування ситуації на фондовому ринках.

Основними складовими фондового індексу є індексний кошик, тобто акції та їхня вартість, що будуть використовуватися при веденні розрахунків, метод усереднення (вибір арифметичної чи геометричної (чи іншого підходу) середньої) для обчислення індексу, визначення цінності акції у списку індексу для обрання значення ваги для неї (якщо використовується зважений метод усереднення). Окремим, але не менш важливим пунктом є статистична база, що є основою для виконання обчислень [44, с. 46]. Варто зауважити, що доцільно аналізувати також не просто індекс, а, до прикладу, ковзне середнє цього індексу, щоб згладити його необґрунтовані можливі відхилення в обидва боки від існуючого тренду.

Зазвичай використовують чотири способи розрахунку фондових індексів [47]:

1. розрахунок середньоарифметичної ціни акцій обмеженого числа відібраних компаній (промисловий індекс Dow Jones, Nikkei 225 Average);
2. розрахунок зваженого (наприклад, за кількістю акцій, що обертаються) середнього арифметичного ціни всієї множини акцій компаній (індекси Standard & Poor's і Wilshire 5000);
3. розрахунок середнього геометричного значення темпів зміни цін акцій (індекс Value Life Composite Index);
4. розрахунок середньоарифметичного значення темпів приросту (зниження) цін акцій.

Фондові індекси поділяються на інтернаціональні, що характеризують стан всього світового ринку або ж окремого географічного регіону (Америка, Європа, Далекий Схід), національні (відображають стан окремої економіки), секторні (показують стан певної галузі економіки) тощо.

Кожна розвинута національна економіка, окрема галузь орієнтується на свій перелік фондових індексів. У США найпоширенішими фондовими індексами є DOW JONES STOCK INDEX, S&P 500, NASDAQ-100, NYSE. У Великобританії орієнтуються на FT-SE 30, 100, 250 (індекси Financial Times). Фондовий ринок Німеччини оцінюється за DAX, Франції – CAC 40, Японії – Nikkei 225. Окрім цього, на міжнародному ринку присутні BIOTEX, індекси міжнародної фінансової компанії (IFC), індекси Рассела тощо. Цікаво те, що більшість із цих показників мають реальну вартість та щоденну котировку на біржах світу, тобто певною мірою їх теж можна назвати цінними паперами.

Розглянемо також приклади фондових індексів окремих галузей, що використовують для розуміння напрямку їхнього розвитку (наприклад, промисловість – Dow Jones Industrial Average, транспорт – Dow Jones Transportation Average, комунальні підприємства – Dow Jones Utility Average). До прикладу, щорічно проводиться дослідження акцій компаній ринку фармації та біотехнологій на фондовому ринку аналітиками компанії Evaluate [53]. Такий аналіз допомагає зробити висновки про перспективи подальшого розвитку, розуміння напрямків роботи та визначення місця конкретної компанії посеред її конкурентів.

Окрему увагу інвестори звертають на індекс страху та жадібності (Fear & Greed Index), щоб оцінити настрої на фондовому ринку. Індекс базується на тому, що надмірний страх знижує ціни на акції, а надмірна жадібність має протилежний ефект.

Для більшого розуміння фондових індексів як джерела відображення ситуації на ринку розглянемо кілька з них.

Індекси Dow Jones є найбільш старими та відомими. Раніше цей індекс обраховувався за акціями 11 компаній. Сьогодні базовий показник обраховується як відношення сумарної ціни акцій 30 промислових компаній і оптово-торговельних фірм. Індекс достатньо чутливий до короткотермінових змін, але не надійний для довгострокового прогнозу. Цей індекс підпадає під критику через те, що під час обрахунку значення враховує лише кількість акцій,

а натомість опускає інші не менш важливі коригуючі дані, як, наприклад, ринкова капіталізація компаній.

Іншим популярним індексом, на який орієнтується більшість, є індекс інформаційно-рейтингового агентства Standard&Poor's S&P 500, який обраховується як середнє зважене за розміром ринкової капіталізації та є відношенням поточних ринкових цін акцій 500 провідних компаній США до відповідних цін у базовому періоді, помноженому на 10, тобто на відміну формули індексу Dow Jones, S&P 500 передбачає зважування на відсоткові відношення капіталізації цих компаній.

На українському фондовому ринку розраховується індекс ПФТС, Wood, SPBU-30, InecoDex, UX [42].

До прикладу, індекс ПФТС обраховується як добуток останнього значення індексу, розрахованого за попередній торговий день, та приросту ціни акцій, зважених на обсяг емісії (free-float). Перелік акцій для обрахунку індексу формується через врахування розміру ринкової капіталізації, обсягу торгів, кількості укладених угод тощо.

Окрім цього, важливими індикаторами для аналізу фондового ринку, окрім фондових індексів, є показник інфляції (індекс споживчих цін) та облікова ставка центрального банку (для аналізу можна використовувати відсоток за коротко- та довгостроковими облігаціями держави). При цьому варто розуміти, який із показників буде випереджаючим (тобто задаватиме тренд, за яким потім наздожене його ринок), який поточним (рухатиметься за траєкторією фондового ринку в реальному часі) та який буде відстаючим (наздоганятиме зміни, що відбулися на ринку).

Окремо варто зауважити про технічні індикатори, які застосовуються для прогнозування курсу акцій на фондовому ринку. У цьому контексті, потрібно розуміти, що фондові індекси відрізняються від інструментів технічного аналізу. Відмінність полягає в тому, що фондові індекси складаються з кількох цінних паперів, у той час як інструменти технічного аналізу відображають стан окремої

акції, наприклад, та можуть бути застосовані та обраховані до будь-якого об'єкту купівлі-продажі, що має статистику за певний проміжок часу.

Найбільш поширеними інструментами технічного аналізу є ковзні середні (Moving Averages, MA), конвергенція та дивергенція ковзних середніх (Moving Average Convergence and Divergence, MACD), індикатор відносної сили (Relative Strength Indicator, RSI), Channel Commodity Index (CCI), стохастичний індикатор (Stochastic Indicator), смуги Боллінджера (Bollinger Bands), супер-тренд (Super Trend), Вільям %R (William %R), експоненціальне ковзне середнє (Exponential Moving Average, EMA), середньозважена ціна за обсягом (VWAP), рівні корекції Фібоначчі (Fibonacci Retracement), середній індекс спрямованості (ADX), коефіцієнт кореляції (Correlation Coefficient) тощо [1; 17].

Отже, для розуміння стану фондового ринку варто зважати на фондові індекси відповідних бірж, секторів економіки або окремих національних економік. Такі показники дозволяють зрозуміти динаміку ринку та стають сигналами для інвесторів.

Окрім цього, важливими індикаторами поведінки фондового ринку є динаміка інфляції, облікової ставки центрального банку. Для аналізу тенденцій цінного паперу окремої компанії доцільно використовувати інструменти технічного аналізу.

### *1.3. Передумови та чинники, що впливають на коливання в показниках фондових ринків*

Фондовий ринок є досить волатильним та порівняно нестабільним. Зміни курсів цінних паперів відбуваються із щохвилинною, щогодинною чи щоденною динаміками. Можливість спрогнозувати з прийнятним для себе ризиком динаміку фондового ринку дозволяє знайти інвестору відповідь на запитання: «Інвестувати чи не інвестувати?». Звичайно, що для повноти картини важливо розуміти, що на фондовий ринок впливають найрізноманітніші чинники з різних сфер нашого життя, які при такому аналізі та прогнозуванні повинні враховуватися.

Усі чинники, що впливають на коливання показників поділимо на дві групи: прямі та опосередковані. Під прямими будемо розуміти ті фактори, які безпосередньо формують вартість цінних паперів (наприклад, попит та пропозиція фондового ринку). Опосередковані – це інші чинники, які теж впливають на динаміку фондового ринку, однак не прямим чином, а через стимулювання або навпаки послаблення попиту або пропозиції. Аналіз цієї групи чинників дозволив поділити їх на наступні підгрупи: макроекономічні сигнали, політичні рішення, інформаційні повідомлення та загальні настрої ринку.

Серед факторів, що безпосередньо впливають на формування вартості цінних паперів, можна виокремити розмір попиту та пропозиції фондового ринку, їхній характер (залежить від політичної та економічної ситуації в країні, розміру та структури доходів, законодавчих аспектів). Фондовий ринок цікавий тим, що представлений практично рівною кількістю покупців та продавців на ньому, які торгують між собою навколо точки рівноваги, чим і визначають ціну. Розуміння того, наскільки ціна акції близька до точки рівноваги, можна отримати через аналіз показника індексу RSI (relative strength index (індекс відносної сили)) [13].

Варто зауважити, що попит та пропозиція мають сезонний характер, що прив'язаний до окремих святкових періодів, відпусток тощо. Цей аспект також потрібно враховувати при визначенні високого та низького сезону на фондових ринках [14].

Перейдемо до розгляду опосередкованих макроекономічних показників. Зауважимо, що при аналізі фондового ринку орієнтуються на такі показники як ВВП, індекс споживчих цін, відсоткова ставка, середня заробітна плата, безробіття тощо, тобто основні макроекономічні характеристики національної економіки, в межах якої функціонує компанія. Значення цих даних суттєво впливають на настрої та поведінку ринку, адже після оголошення кожного нового числа названих параметрів фондовий ринок реагує відповідними коливаннями.

До прикладу, зростання інфляції вище цільового значення центрального банку спричинить підвищення базових ставок. У свою чергу маємо вплив на підвищення ставок за довго- та короткостроковими кредитами в усій економіці, що призведе до зниження прибутків компаній у майбутньому, а це має безпосередній зв'язок із їхнім курсом акцій. Зрозуміло, що через таке фондові індекси показуватимуть падіння. При цьому варто зауважити, що реакція фондового ринку може бути швидшою за реакцію центробанку, адже доступ до такої інформації в учасників торгів з'являється одномоментно.

Відповідно до дослідження [49], іншими перешкодами в розвитку фондового ринку є просторова, часова, інформаційна, технологічна та організаційна фрагментарність, тобто нерівномірність розвитку. Зокрема, учасники фондового ринку можуть мати нерівноцінний доступ до інформації на ринку, знаходяться в різних часових поясах та проживають на різних територіях. Законодавчі (недостатня дієвість регуляторів) та технічні (нерозвинутість інфраструктури) аспекти окремих країн можуть теж стати чинниками, що гальмують розвиток фондового ринку.

Окрім цього, орієнтуватися при аналізі динаміки фондового ринку можна також на ціни окремих важливих товарів, таких як нафта, природний газ, зерно тощо. Ці показники діють як аналоги до макроекономічних чисел. Також варто звертати на нещодавні та заплановані в майбутньому угоди злиття-поглинання в галузі. При аналізі окремої компанії варто зважати на її позицію на ринку, довіру споживачів до неї, кадрові зміни на керівних позиціях.

Загальні настрої учасників фондового ринку – це окремий досить важливий, але водночас непередбачуваний (важко прогнозувати суб'єктивні, упереджені позиції осіб) пункт для аналізу.

Навіть стихійні лиха теж вносять свій негативний вплив на акції інших компаній, адже порушують виробничі процеси, логістику тощо.

Також варто враховувати ситуацію на суміжних ринках, ряд технічних факторів (якість технічного забезпечення сфери цінних паперів, від чого залежить ефективність процесу інвестування).

Окрім цього, неоднозначний вплив мають суб'єктивні фактори, включаючи навіть висловлювання відомих людей у соцмережах (наприклад, твіти від Ілона Маска одночасно рухають акції компанії Tesla чи ринок криптовалюти). Однак, при цьому варто зауважити, що більший вплив тут відіграє не саме висловлювання, а саме оцінка рухової реакції інших інвесторів на новини, тобто те, як ці висловлювання сприймаються учасниками ринку.

Співзасновник фонду венчурного капіталу Nordic Eye Л. Твід у праці «Психологія фінансів» сформулював правила поведінки інвесторів на фондовому ринку [33], на що теж варто орієнтуватися при визначенні факторів, які впливають на коливання курсів цінних паперів.

1. Фондовий ринок – це індикатор економічного розвитку країни. Поведінка фондового ринку прогнозує динаміку економіки країни.

2. Фондовий ринок ірраціональний. Учасники фондового ринку реагують на поведінку інших, зокрема на масову істерію, яка може бути нічим іншим, ніж абсурдною поведінкою. З огляду на це, інвестори піддаються примхам трендів, а не показують свою раціональну поведінку.

3. Фондовий ринок хаотичний. Неможливо однозначно та чітко сформулювати поведінку фондового ринку, адже на нього весь час впливають хоч і незначні, але суттєві в загальному підсумку фактори (знову повертаємося до одного посту в Twitter від Ілона Маска). При цьому варто пам'ятати про «ефект метелика», коли один такий несуттєвий фактор у результаті може призвести до обвалу акцій чи навпаки стрімкого росту курсу окремого цінного паперу чи іншого фінансового активу.

Важливо розуміти, що не можна орієнтуватися лише на окремі показники, варто враховувати усі фактори в комплексі, щоб якомога точніше спрогнозувати напрямок зміни фондового ринку, адже кожен із чинників може розгойдувати ринок у свою сторону.

Розглянемо на конкретних прикладах вплив різних подій на коливання фондового ринку.

Пандемія коронавірусної інфекції мала свій вплив на зміну фондового ринку, коли в період найбільшої паніки та невизначеності (із 19.02.2020 р. по 23.03.2020 р.) значення індексу S&P 500 скоротилося на 34 %. Однак, після поступової стабілізації ситуації, коли світова спільнота оголталася від раптового удару та «лякаючих» новин, заговорила про вакцинацію та контрольованість поширення вірусу, індекс змінив напрям руху, а відсоток зростання склав більше 40 пунктів [10].

Відповідно до Goldman Sachs, через сучасну війну в Україні прогноз щодо зміни індексу S&P 500 у 2022 році знизили з 4900 до 4700 (світовий ринок це пов'язує зі зростанням цін на енергоресурси та, як наслідком інфляційним тиском) [10]. Індекс волатильності Чиказької біржі опціонів VIX («показник страху») виріс до 36 пунктів у березні 2022 року, коли його історичне середнє значення складає 20 пунктів, що теж свідчить про тривожний період для фондового ринку [32].

Водночас акції компаній російської федерації після вторгнення одномоментно обвалилися на фондовому ринку. Ще один приклад – публікація Ілоном Маском своїх думок у соціальній мережі Twitter від 03.10.2022 р. щодо того, що Україні слід відмовитися від окупованих територій та підписати мирну угоду, закінчилися зниженням ціни акцій компанії Tesla майже на 9 % (з 265 доларів до 242).

Отже, є багато факторів, що як позитивно, так і негативно впливають на фондовий ринок. Їхнє розуміння та правильний аналіз дозволить спрогнозувати динаміку ринку цінних паперів. Важливо при цьому розуміти хаотичність та ірраціональність поведінки інвесторів, що безпосередньо впливає на коливання ринку.

### *Висновки до розділу 1*

Фондовий ринок – це частина фінансового ринку, на якому взаємодіють між собою інвестори та емітенти цінних паперів із метою залучення вільного капіталу для отримання прибутку, що покриватиме прийнятний ризик, з одного

боку, та розширення виробничих процесів з іншого. Фондові ринки мають безпосередній позитивний вплив на розвиток економіки, в межах якої він функціонує.

Стан фондового ринку визначається в першу чергу фондовими індексами, що характеризують відповідну біржу, національну економіку, галузь тощо. Аналіз таких показників допоможе зрозуміти динаміку коливань акцій, що цікавлять інвестора в той чи інший момент часу. При цьому не слід ототожнювати фондові індекси з інструментами технічного аналізу. Також при аналізі фондового ринку важливо враховувати динаміку загальноприйнятих макроекономічних показників та їхню фактичну відповідність прогнозованим даним.

На стан фондового ринку впливають найрізноманітніші фактори, що спричиняють його загальну волатильність та коливання в межах аналізу певного обмеженого проміжку часу. Одні чинники мають прямий зв'язок зі зміною курсу, інші лише опосередковано діють на обсяги попиту та пропозиції, що в результаті впливає на коливання цін. Розуміння цих чинників дозволить спрогнозувати напрямок та силу зміни курсу цінних паперів фондового ринку.

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ХВИЛЬ У МОДЕЛЮВАННІ РОЗВИТКУ ФОНДОВИХ РИНКІВ

Довгий час у минулому столітті фондовий ринок вважався ірраціональним, таким що залежить від поведінки інвесторів, яка суперечить усім правилам логіки. Зокрема дослідження М. Кендалла просували теорію «ходіння наосліп», тобто думку про те, що на фондовому ринку панує нестійка ринкова психологія [28]. Поширеною була теорія випадкового руху («блукання»), за якою ціна є результатом точкової реакції інвесторів на ту чи іншу інформацію та спрогнозувати її неможливо.

Згодом кожна наступна праця шукала пояснення динаміці цін на фондовому ринку (з'являються припущення про залежність вартості активів від того, як поширюється інформація та хто в якій послідовності про неї дізнається (С. Гроссман, Дж. Стігліц); теорія ефективних ринків тощо) [30]. Таким чином, подальші дослідження дозволили розробити багато підходів та спроб пояснення тих чи інших коливань на фондових ринках та економіки в цілому. Один із таких варіантів – це теорія хвиль.

### *2.1. Характеристика хвильових теорій, що застосовуються в аналізі економічних явищ та фондового ринку*

Уся економіка розвивається з огляду на чергування коротких та довгих хвиль. Один економічний цикл – це коливання економічної активності, що проявляється в почергових змінах фаз кризи, депресії, пожвавлення та підйому [51], тобто є своєрідною хвилею, яка з певною періодичністю має здатність повторюватися. Так, теорія хвиль активно використовується при аналізі економічних явищ та процесів, зокрема коли йдеться про загальні цикли економічного розвитку країни чи окремого макросуб'єкта.

Найдовшими хвилями, що визначають у економічній науці, є періоди розвитку за Тоффлером. Концепція Ел. Тоффлера – це теорія, що вивчає розвиток ринку як хвильового процесу. Тоффлер виділяє три хвилі розвитку

суспільства: аграрну, індустріальну та постіндустріальну. Аграрна хвиля за Тоффлером почалася, коли люди навчилися одомашнювати тварин та стали вести осіле господарство. Індустріальна хвиля веде відлік від XVII ст. – початку уніфікації та стандартизації виробництва. Постіндустріальна хвиля із середини XX століття пов'язується з винайденням мікросхем, фотоенергетичних батарей та розвитком парникового господарства [39]. Зрозуміло, що такий поділ є достатньо загальним, але безпосередньо слугує першою сходинкою для розуміння розвитку світової економіки в часі.

У довгострокових масштабах поясненням циклічності економічного розвитку є хвилі або цикли Кондратьєва, показані на рис. Б1 додатку Б. Під цим поняттям розуміють чергування підйомів та спадів економіки тривалістю 48–55 років. Одразу варто зауважити, що кожна наступна хвиля дещо менша за тривалістю за попередню, адже людство переходить до нових способів виробництва вже значно швидше, тому що мають накопичену базу знань та інформації від попередніх періодів.

М. Кондратьєв вивів такі залежності на основі аналізу різних економічних показників (індекс цін, державні боргові папери, номінальна заробітна плата, зовнішньоторговельний баланс, видобуток вугілля, золота, виробництво свинцю, чавуну тощо) [47]. Варто зауважити, що повторювані коливання упродовж року Кондратьєв відносив до сезонності, цикли тривалістю 7–11 років визначав як торговельно-промислові, а великі цикли Кондратьєва, які всім відомі, є кон'юнктурними циклами.

Кондратьєв виявив наступні закономірності, відносно яких можна виділяти окрему хвилю. Початок хвилі – це значні зміни в умовах господарського життя населення, що пов'язано з відкриттям винаходів та технічними змінами у виробничих процесах. Окрім цього, відновлюється та розширюється основний капітал, відбуваються зміни у виробничих силах суспільства [43]. У світове господарство додаються нові країни, а вже залучені активізуються та відіграють більш інтенсивну роль. Також було виділено наступну особливість: періоди

зростають більш активні в аспекті соціального життя (революції, війни), ніж періоди падіння.

Під час низхідної частини хвилі передусім сільське господарство переживає депресію, відбувається падіння цін та ставки відсотка, ослаблюється темп зростання виробництва та торгівлі. Однак, водночас накопичуються нові знання та технології як підготовка до наступного циклу [43].

Усі національні економіки піддаються таким тенденціям загальної світової ринкової інфраструктури [47].

Лінія часу з відображенням кондратьєвських хвиль показана на рис. Б1 додатку Б. Цікаво зауважити, що зміна хвиль у часі відповідає зміні технологічних укладів. Кондратьєв вважав, що така циклічність буде зберігатися доти, доки пануватиме капіталістичний спосіб виробництва

Інші за тривалістю економічні цикли виділяли Дж. Кітчін (3–4 роки), Кл. Жюгляр (7–11 років), С. Кузнець (15–25 років).

Такі довгі та середні хвилі стали основою для теорії нормального розподілу на фондовому ринку. Зокрема, Е. Нейман працював над тим, щоб виділити відповідні цикли коливання цін [60]. Зокрема, за його підходом, довгий цикл триває від 48 до 54 місяців (з них «бичачий» тренд займає 27–29 місяців, а «ведмежий» – 14–16; решта часу – період консолідації). Середні хвилі охоплюють 20–21 тиждень («бичачий» тренд – 11–13 тижнів, «ведмежий» – 7–9 тижнів).

Зрозуміло, що такі підходи для планування на понад кілька років мають свій зміст, однак для аналізу поточних цін на ринку на короткочасову перспективу потрібно використовувати інші більш детальні та практичні інструменти та теорії.

Аналіз на менш тривалому проміжку часу (річний відрізок) слід розпочинати з огляду на сезонність. Фондовий ринок аналогічно розвивається із закономірними сезонними циклами. Наприклад, якщо проаналізувати динаміку зміни промислового індексу Dow Jones за останні 100 років, то чітко можна побачити відповідні сезонні підвищення цін у грудні та січні, а також зниження

в липні-серпні (рис. Б2 додатку Б), що піддається абсолютно логічним поясненням: у грудні інвестори закривають свої збиткові позиції, продають одні акції, купують інші, тому загальний попит росте, що спричиняє зростання цін. Описаний ефект підвищених цін зберігається ще упродовж значної частини січня.

Окрім цього, неважко прослідкувати кореляцію між коливаннями цін на фондових біржах та загальними економічними тенденціями, на що теж потрібно звертати увагу при торгівлі принаймні на місячних проміжках часу. На рис. Б3 додатку Б показано, що значні коливання цін, що мали місце за останні 20 років співвідносяться зі значними світовими подіями, що наклали свій відбиток на розвиток економіки.

Ще менш тривалий проміжок часу, що визначається тижневими, денними, годинними відрізками, потребує розуміння того, що фондовий ринок може знаходитися в двох базових станах: «ведмежа» (учасники грають на продаж, ціни знижуються), «бичача» динаміка (учасники грають на купівлю, ціни зростають). Додамо ще третій стан – консолідація або ж стабілізація курсів, при якому коливання є незначними та не мають чітко вираженого тренду.

Для кожного стану ринку, відповідно до теорії Доу, виділено три фази, що безпосередньо складають окрему хвилю [60]. Якщо ми граємо на «бичачому» ринку, то перша фаза тренду починатиметься після тривалого зниження курсу. Спочатку ринок тестують окремі інвестори, тенденція до зростання не є чітко окресленою. Друга фаза – це період пожвавлення та активних торгів, коли ціна впевнено зростає. Третя фаза – це вхід на ринок інших дрібних інвесторів, яким професійні гравці починають продавати свої активи, через що місткість ринку зменшується, а згодом відбувається його закономірне падіння.

Перша фаза на «ведмежому» ринку полягає в залишенні ринку професійними гравцями, через що дрібні інвестори зазнають збитків. На другій фазі стрімкий обвал курсу відбуваються через розхитування ринку спекулянтами. У третій фазі ринок переходить у свою найнижчу точку, після чого падіння зупиняється та починається процес стабілізації курсу.

Таким чином, на ринку вимальовуються хвилі, аналіз яких дозволяє зробити висновок, на якому етапі знаходимося зараз та куди буде рухатися тренд в майбутньому. Розуміння цих фаз допомагає інвесторам правильно грати на ринку, вчасно заходити та виходити з нього.

Окремий внесок у дослідження хвильових процесів на фондовому ринку здійснив Р. Елліотт. Його дослідження полягає в тому, що тенденції динаміки цін регулярно повторюються, адже люди в загальному поведуть себе однаково в подібних ситуаціях [27]. Тобто автор теорії базує свої дослідження на психології учасників ринку.

Відповідно до теорії, «фундаментальна хвиля» задає загальний тренд, яка поділяється на п'ять послідовних хвилеподібних рухів, що в загальному повторюють її напрям. Такі хвилі носять назву імпульсивних (рушійних). Інші три хвилі – це хвилі, що показують тренд у зворотному напрямі (коригуючі). Елліотт визначає 9 рівнів хвиль: суперцикл (хвилі (I), (II), (III), (IV), (V), (A), (B), (C)), цикл (I, II, III, IV, V, A, B, C), основний (1, 2, 3, 4, 5, A, B, C), проміжний ((1), (2), (3), (4), (5), (a), (b), (c)), незначний (i, ii, iii, iv, v, a, b, c), хвилинний (1, 2, 3, 4, 5, a, b, c) [4]. Схематично узагальнення принципу Елліотта на усіх рівнях хвиль представлено на рис. В1 додатку В [5, 6].

Один цикл відображено на рис. В2 додатку В. Розглянемо детальніше особливості хвиль основного циклу.

**Перша** хвиля («бичача» або «ведмежа», залежить від того, який тренд розглядається) тестує ринок та зазвичай зазнає корекції більше, ніж на 50%, але не більше, ніж на 100% (корекцію відмальовує друга хвиля). **Друга** хвиля відображає психологію консервативних інвесторів та їхнє бажання зафіксувати прибуток.

**Третя** хвиля підтверджує, що ринок може рости, адже перевищує максимальне значення ціни, що намалювала перша. Як правило, це достатньо імпульсивна та найдовша хвиля. **Четверта** хвиля малює корекцію (до 30 % від розміру третьої), однак не може опуститися нижче максимального значення першої.

Останній імпульс малює п'ята хвиля принципу Елліота, яка має порівняно однакову довжину, як у першої. Хвиля характеризується значним обсягом торгів, але не суттєвим зростанням цін.

Важливо враховувати при моделюванні, що перша, третя та п'ята хвилі можуть мати хвильове подовження, тобто розтягнуті імпульси з розширеною хвильовою структурою [41]. Можливі варіанти подовження показано на рис. В3 додатку В.

Після таких п'яти хвиль настає трихвильова корекційна фаза, яка редагує всю хвилю (див. хвилі А, В, С на рис. В2 додатку В). Корекційні хвилі визначатимемо як А, В, С. Хвиля А (імпульсивна) подібна до першої хвилі за характеристиками, але малює зворотний тренд. В-хвиля виступає коригуючою (на ринку відбувається гра між «биками» та «ведмежками»), досить схожа на четверту хвилю. Хвиля С подібна до третьої хвилі, але відображає динаміку ринку в зворотному напрямі.

Найкраще теорія Елліота працює на годинних графіках, однак автор не заперечує її застосування на інших часових проміжках.

У цілому математична основа для підрахунку хвиль, їхньої відстані та амплітуди є рядом чисел Фібоначчі. Зокрема, теорія використовує таку особливість, що коефіцієнт співвідношення сумарного числа до іншого в парі в середньому складає 0,618, а співвідношення будь-якого сумарного числа до числа через одне становить 0,382. Ці значення задають мінімальні та максимальні коливання цін на ринку, що визначають відповідні рівні підтримки [50]. Ця характеристика є досить важливою, щоб правильно виділити початок та кінець хвиль. Співвідношення хвиль Елліота з урахуванням ряду Фібоначчі наведено в табл. 2.1.

Окрім цього, деталізація тренду теж складається з хвиль, кількість яких дорівнює значенням із ряду Фібоначчі. Спочатку маємо 2 великих хвилі (рушійна та коригуюча), які поділяються на 8 менших. Ті в свою чергу складаються з 21 меншої хвилі. Подальше «подрібнення» дозволить виділити 55 хвиль і т.д. за

рядом чисел Фібоначчі. При цьому Р. Елліотт зазначає, що хвилі подібні між собою за формою, але не обов'язково за часом та амплітудою [27].

Таблиця 2.1

## Характеристика хвиль Елліота відносно ряду Фібоначчі

Хвиля	Співвідношення хвилі з іншими
1	–
2	0,382; 0,5; 0,618; 0,764 або 0,854 довжини хвилі 1
3	1,618; 2; 2,618 або 3,236 довжини хвилі 1
4	0,146; 0,236 або 0,382 довжини хвилі 3, але не більше 0,5
5	1,236 або 1,618 довжини хвилі 4, рівна довжині хвилі 1 або 0,618 довжини хвилі 1+3
A	0,618 або 0,5 довжини хвилі 5
B	0,5; 0,618; 0,764; 0,854 або 1,236 довжини хвилі A
C	1,618; 0,618 або 0,5 довжини хвилі A

Джерело: [5].

Використання принципу Елліота дозволяє інвесторам зрозуміти, де межа зростаючого тренду та вчасно зафіксувати прибутки. Однак, варто зауважити, що принцип Елліотта використовується більшою мірою не як засіб прогнозування, а як інструмент пояснення динаміки ринку. Все ж, у 2008 році, взявши за основу цю теорію, Р. Пректер (переможець відкритого чемпіонату США по трейдингу на реальному грошовому рахунку) передбачив стрімке зростання індексу Dow Jones [27].

Інший варіант хвильового аналізу на фондовому ринку – це хвилі Вульфа. Автор теорії показує, як обрати правильний відрізок часу для торгівлі. Розглянемо приклад хвиль Вульфа на «бичачому» ринку. Перша хвиля показує низхідний рух. Друга хвиля корегує першу (не обов'язково виходити за максимум першої хвилі). Третя хвиля в свою чергу пробиває мінімум першої. Четверта корегує ринок, але не може виходити за максимум другої. П'ята хвиля низхідним рухом визначає нову точку мінімуму. Шоста хвиля – це безпосередньо хвиля Вульфа, у межах якої слід торгувати. Детальніше на рис. Б4 додатку Б. Хвилі Вульфа на «ведмежому» ринку мають протилежну картину (рис. Б5 додатку Б) [3].

При цьому варто взяти до уваги також рефлексивну теорію Дж. Сороса, яка полягає в тому, що враховується дія людського фактора у прогнозуванні та прийнятті рішень на фінансових ринках [58]. Розуміння цього фактора досить просте: учасники фондового ринку, бачачи ріст ціни актива, починають активно його скуповувати, збільшення попиту стимулює зростання ціни, яка нічим не підкріплюється. Коли приходить розуміння помилковості зробленого вчинку, тоді ж відбувається обвал, а ринок самокорегується. Поєднання відповідних хвильових теорій та теорії Дж. Сороса збільшує достовірність моделей та точність результатів прогнозування.

Отже, фондовий ринок як частина загальної економічної системи теж розвивається циклічно на довготривалих проміжках часу. Загальний тренд відповідає базовим економічним процесам. Упродовж року коливання на фондовому ринку піддаються поясненню через сезонність. Для аналізу та прогнозування курсів на менш тривалих проміжках часу дієвими є хвильові теорії, зокрема хвилі Елліота. Однак, при цьому варто розуміти, на якому ринку триває гра: «ведмежий» чи «бичачий».

## *2.2. Оцінка ефективності застосування теорії хвиль при прогнозуванні фондового ринку на конкретних прикладах*

Для моделювання фондового ринку в сучасній науковій літературі пропонується безліч теорій, зокрема теорія ефективного ринку Фама, теорія катастроф Зімана, теорія шуму Блека, теорія когерентного ринку Веги, теорія рефлексивного ринку Сороса, теорія хаосу Пітерса, теорія міцного фундаменту Вільямсона, теорія повітряних замків Кейнса, гіпотеза адаптивного ринку Ло, теорія поведінкових фінансів, хвильовий принцип Елліота, Вульфа тощо [44]. Частина теорій шукає інструменти, за допомогою яких можна змоделювати фондовий ринок із задовільною якістю. Інші ж шукають докази, щоб заперечити будь-яку можливість прогнозування.

Хвильовим теоріям у цих «дебатах» виділимо окреме місце. Їх варто віднести до першої групи, адже за допомогою розпізнання хвиль можна

спрогнозувати напрямок руху ціни активу через використання того чи іншого підходу.

Проаналізуємо кілька прикладів накладання хвильових теорій на динаміку фондового ринку, щоб розуміти переваги та слабкі сторони відповідних підходів при визначенні сигналів купівлі-продажу для здійснення прибуткових торговельних операцій на ринку.

Навчальний ресурс для трейдерів ForexVee показує, як можна чітко виділити хвилі Вульфа на валютній парі AUD/CHF (австралійський долар та швейцарський франк) [35]. Слідування патерну, визначеному хвилею Вульфа, принесло б інвестору прибуток у розмірі 0,49%, коли б відкриття торгівлі на початку циклу хвиль Вульфа та закриття на кінці дало б прибуток у 0,12%. Графічне відображення такого прикладу наведено на рис. Г1 додатку Г.

Аналогічно можна навести приклади накладання хвиль Елліота на динаміку графіку акцій Apple (AAPL), що відображено на рис. Г2 додатку Г. Ефективність такого рішення полягає в отриманні 12% прибутку на відміну від -1 % без використання хвильового патерну [7].

Накладання моделі хвиль Елліота на індекс Міланської біржі FTSE MIB показано на рис. Г3 додатку Г [19]. Аналогічно до аналізу попередніх прикладів маємо результат у 95% прибуток на протиположності 26%.

Власний приклад накладання принципу Елліота на ряд значень вартості Bitcoin відносно USD для пояснення динаміки ринку представлено на рис. Г4 додатку Г. Аналіз динаміки курсу BTC дозволив виділити 2 патерни Елліота висхідного напрямку в 2020 та 2021 рр. У 2022 р. – курс криптовалюти показав низхідний рух за принципом Елліота. Якщо торгувати за хвилями Елліота, можна було б отримати прибуток у розмірі майже 500 %, проста купівля-продаж за аналізований період без урахування коливань дала б у підсумку лише близько 68 %.

Зрозуміло, що такі високі показники прибутків працюють при умові стабільного розвитку ринків, відсутності різких коливань, зумовлених

необґрунтованими чинниками, які б могли відхилити динаміку фондового ринку від хвильового патерну.

Окрім цього, варто розглянути ефективність та якість існуючих підходів до моделювання динаміки показників на фондових ринках за допомогою відповідних хвильових теорій.

Манджунат Кв., Сехар М. [21] створили власну архітектуру для аналізу фондового ринку із застосуванням хвильового принципу Елліота (автори визначають імпульсні хвилі, які задають патерн) на базі нейронних мереж через багаторівневий перцептрон (точність методики склала 98,67 %). Для аналізу було використано набір даних платформи Yahoo Finance, інтегровані в програму через API. Оцінка результатів проводилася за багатьма показниками, зокрема точність, F-оцінка, MAE, RMSE, MAPE. Однак, варто зауважити досить високу точність побудованої моделі, а саме – 98,67 %, що потребує уточнення та дозволяє поставити під сумнів окремі моменти дослідження. Зокрема, автори не наводять конкретно перелік даних та інформацію про часовий проміжок на якому навчається модель, через що не можна стверджувати про універсальність побудованої моделі. Також висока точність результатів може свідчити про перенавчання моделі. Відсутні будь-які дані про перевірку ефективності моделі на різних вибірках тестових даних.

Вольна Є., Котирба М., Ярушек Р. [34] теж наводять роботу побудованих нейронних мереж для розпізнавання хвиль Елліота. Усі побудовані та навчені нейрони умовно поділені на 2 групи. Одна мережа аналізує динаміку курсу, а інша використовується для прогнозування. Точність отриманих результатів, як зазначають автори, складає близько 90 % для усіх варіантів циклів хвиль Елліота. Однак, власне, теж не наводиться конкретика щодо використаного ряду, який став базою для моделювання.

Розглянемо ще один приклад ефективності моделювання для прибуткової гри на фондовому ринку. Матвійчук А. у дисертації на здобуття доктора економічних наук наводить власну модель для прогнозування напрямку руху курсу, опираючись на нечітку логіку [50]. Модель для індексу S&P 500 показала

13,1 % прибутковість за рік, у той час, коли реальний ринок був непривабливим та при умові відсутності будь-якої участі з боку інвестора приніс би прибуток у розмірі лише 5,8 %.

Отже, різні хвильові теорії показують відповідну точність та якість прогнозів. Накладання окремих патернів хвиль допомагають певною мірою пояснити напрямки руху цін на фондовому ринку, зрозуміти їх з метою прогнозування в майбутньому. Вище наведений аналіз показує ефективність у використанні хвиль Елліота для моделювання поведінки показників фондового ринку.

### *2.3. Визначення основних етапів моделювання для прогнозування динаміки фондового ринку при застосуванні хвильової теорії*

На базі опрацьованих наукових джерел сформулюємо основні етапи моделювання фондового ринку за допомогою хвильової теорії за принципом Елліота, яка є достатньо універсальною та може бути адаптована до різних об'єктів аналізу на різних часових проміжках. Таким чином, вважаємо, що оптимальний план моделювання полягає в послідовному виконанні вище зазначених та описаних пунктів.

1. Вибір бази моделювання та часового проміжку.
2. Аналіз бази даних, перевірка на якість.
3. Вибір інструмента для моделювання.
4. Підготовка до моделювання.
5. Навчання моделей та налаштування їхніх параметрів.
6. Виконання прогнозів за побудованими моделями.

Розглянемо особливості кожного з зазначених етапів для отримання бажаних прогнозів.

Передусім варто обрати **базу для моделювання**. База моделювання залежить від того, яке завдання на прогнозування поставлено, тобто який актив потрібно проаналізувати та зрозуміти його тренд. Вибір часового проміжку аналогічно залежить від потреб користувача системи моделювання. Водночас

якщо ресурси дозволяють варто розглянути варіанти різних часових відрізків, щоб обрати той, на якому результати моделювання показуватимуть кращі метрики якості.

Етап **аналізу бази даних (БД)** та її перевірки потрібен для того, щоб усунути проблеми відсутності даних, помилок у них, проблем із кодуванням чи прочитанням. Окрім цього, варто проаналізувати дані на наявність викидів через інфляцію або інші причини, які можуть вплинути на якість побудованих моделей. Також один із кроків роботи з БД – це її перетворення, зокрема при аналізі фондового ринку досить часто доцільно розглядати не абсолютні значення, а відносні показники, коли цікавить саме напрямок руху активу, а не безпосередньо його ціна.

**Вибір інструменту для моделювання** динаміки ціни на фондовому ринку за допомогою хвильових теорій повинен бути обґрунтованим, виходячи з кінцевої мети аналізу, наявних даних та безпосередньо особливостей теорії, що була взята за основу для побудови прогнозів. Критеріями вибору моделей має бути можливість їхнього практичного застосування, задовільна якість та швидкість навчання, а також легкість у інтерпретації отриманих значень. Окрім цього, варто враховувати особливості їхнього донавчання в майбутньому та перенавчання на рядах інших показників відповідного часового проміжку та частоти даних [16].

Етап **підготовки до моделювання** полягає в написанні усіх необхідних правил, створенні окремих змінних, збір додаткових даних тощо (процес підготовки значною мірою залежить від обраного типу моделей). Окрім цього, такий етап передбачає створення логіки моделювання, тобто алгоритму роботи програми. Також сюди додаємо вибір мови й середовища для програмування та відповідно написання програмного коду для навчання моделей і здійснення прогнозів у майбутньому.

На етапі **навчання моделей** налаштовуємо усі параметри для покращення прогнозу. Здійснюється вибір метрик для визначення якості побудованої моделі. Тестування отриманих результатів, зокрема аналіз якості моделей, їхнє

донавчання допомагає отримати прогнози вищої точності. При цьому важливо не перенавчити модель, щоб не отримати хибні прогнози, тому результати навчання на тренувальних даних повинні перевірятися на тестових зразках, тобто проходити крос-валідацію.

Кінцевим результатом моделювання є **виконання прогнозів** за допрацьованими моделями відповідного рівня якості, що дозволяє задовольнити поставлене завдання. Однак, при цьому варто зауважити, що побудовані моделі слід в будь-якому випадку періодично донавчати для отримання точніших прогнозів у майбутньому (періодичність таких донавчань залежить від часового проміжку, який аналізуємо, а також від волатильності самого активу на обраному часовому відрізку).

Отже, прогнозування динаміки фондових ринків при застосуванні хвильової теорії має свій алгоритм моделювання. Цей процес полягає у підготовці бази даних: вибір активів для аналізу та відповідного часового проміжку. Отримана база даних також перевіряється на якість та наявність необґрунтованих викидів, спричинених зовнішніми факторами.

Підготовка до навчання моделей, створення алгоритму та написання коду є запорукою успішності процесу навчання моделей. Налаштування усіх параметрів допомагає підвищити якість моделей (за вибраними метриками). Отримана модель задовільного рівня точності може бути використана для побудови прогнозів.

Для довготривалого використання моделей варто проводити періодичне донавчання для більш точних результатів.

### *Висновки до розділу 2*

Економіка та фондовий ринок, зокрема, розвиваються циклічно, тобто їхня динаміка відмальовує певні хвильові коливання. Розуміння довго-, середньо- та короткострокових таких трендів допомагає правильно спланувати та вести свою діяльність. Більше того, у межах окремих часових категорій варто враховувати

показники сезонності, які теж впливають на відповідні напрямки руху цін активів на ринку.

Кожен із методів теорії хвиль має свої особливості використання, застосування та результати на фондовому ринку. Аналіз цих аспектів, зокрема прибутковості, показав, що варто зупинитися на хвильовій теорії Р. Елліота для досягнення поставленої мети. Вісім хвиль, що визначив науковець через аналіз психології поведінки людей на ринку, шаблонно без жодних інших обмежень можуть накладатися на різні часові проміжки для різних активів. Однак, при цьому варто розуміти, на якому ринку триває гра: «ведмежому» чи «бичачому», який тренд має місце на ринку.

Процес моделювання динаміки цін на фондовому ринку повинен бути комплексним та обґрунтованим на кожному з його етапів: від вибору бази даних, часового проміжку, інструментів для моделювання, до безпосередньої практичної реалізації таких моделей та здійснення прогнозів на практиці.

## РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОВОЇ ТЕОРІЇ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН ПОКАЗНИКІВ ФОНДОВИХ РИНКІВ

Для моделювання динаміки фондового ринку було вибрано хвильову теорія Елліота, яка є максимально універсальною для будь-якого активу та будь-якого часового проміжку, а отже, може широко покрити вимоги щодо виконання прогнозів. Ця теорія, базуючись певним чином на психології поведінки людей, ефективно показує себе на фондовому ринку. Моделювання накладання патернів хвиль Елліота на динаміку окремих активів дозволяє пояснити коливання ринку в тому чи іншому напрямі, а також є базою для прогнозування наступних значень ціни.

### *3.1. Процес моделювання динаміки фондового ринку за допомогою хвильової теорії Елліота*

Відповідно до визначених в підрозділі 2.3 етапів, розглянемо процес моделювання фондового ринку крізь патерн хвиль Елліота.

Передусім варто обрати **базу для моделювання**. Для повноцінного аналізу дієвості хвильової теорії на фондовому ринку розглянемо різні типи активів: курс акцій компанії Apple (AAPL), валютну пару EUR–USD (EUR\_USD), зміну фондового індексу S&P 500 (S&P), а також коливання цін на Bitcoin як представника крипторинку (BTC). Джерелом даних для аналізу є статистична інформація з фінансової платформи Investing.com за 2010–2023 рр. [12]. Усі активи розглядатимуться на денному, тижневому та місячному графіках, щоб зрозуміти, на якому **часовому відрізку** результати моделювання будуть більш якісними. На етапі моделювання може бути прийнятим рішення про те, що аналізований період може відрізнитися в часі залежно від обраного графіку для уникнення перенавчання моделей надмірною кількістю даних.

Етап **аналізу бази даних (БД)** та її перевірка показав, що усі дані є повними, правильними, відсутні суттєві викиди. Однак, варто зауважити про пропуски в даних по денній динаміці для AAPL, S&P, EUR\_USD упродовж суботи та неділі

кожного тижня, адже відсутні будь-які торги на ринку в цей час. Оскільки під час вихідних біржі завжди закриті, то такі дані не вважаємо пропусками.

Окрім цього, значення по BTC починаються з 18 липня 2010 року, коли Bitcoin з'явився на ринку.

У цілому дані знаходяться в одному ціновому діапазоні або ж показують тенденцію до росту чи падіння упродовж певного періоду часу, тобто відсутні різкі викиди. Перевірка впливу інфозумів або інших причин на динаміку рядів на цьому етапі дослідження не відбувається. Однак, зауважимо, що окрему увагу варто звернути на 2016 рік (перемога Дональда Трампа на виборах Президента США), на 2020 рік (період початку та поширення коронавірусної інфекції) та на початок 2022 року (початок повномасштабного вторгнення росії в Україну), які супроводжуються відповідними різкішими циклами підйому або падіння ціни активів.

Кожен із абсолютних значень показників було переведено у відносні, щоб окремо аналізувати величину та напрям приростів.

Фрагмент бази даних наведено в таблицях Д1–Д3 додатку Д. Також у цьому додатку розміщене посилання на повні дані, що використовуються для аналізу.

**Інструментом для моделювання** динаміки ціни на фондовому ринку за допомогою хвильових теорій було вибрано моделі нечіткої логіки. Такий підхід обґрунтовується тим, що нас цікавить розуміння саме напрямку руху ціни, а не її абсолютні значення для ведення торгівлі на фондовому ринку, щоб розуміти: купувати чи продавати актив у цей момент часу. Оскільки ми обрали за базу хвилі Елліота, які описуються конкретними правилами, то переведення їх на мову висловлювань стане основою для моделі нечіткої логіки. На доповнення до цього доцільно використати нейронну мережу, на входи якої буде подано послідовність кількох значень зміни ціни, які мають місце на практиці, а на виході очікується прогноз наступного такого значення ряду. Навчання проходитиме, опираючись на прописані логічні правила. Використання цього типу моделі має своє обґрунтування, адже є можливість налаштування власних параметрів для задання правил [50].

Автоматизація такого визначення хвиль відбувається за допомогою використання моделей нечіткої логіки, зокрема нейронних мереж, де базою є набір правил поведінки ціни на ринку (напрямок та довжина хвиль). У результаті навчання нейронної мережі на таких нечітких логічних висловлювань можемо спрогнозувати напрям руху ринку у найближчий проміжок часу, а нейронні мережі дозволяють навчитися та щоразу підвищувати якість та швидкість навчання [16].

Відповідно до обраного інструменту **моделювання**, варто створити базу нечітких логічних висловлювань. Така база тверджень виходить із усіх можливих комбінацій правил щодо довжини хвиль, що базуються на ряді чисел Фібоначчі та представлені в табл. 2.1 для двох варіантів ринку: бичачого та ведмежого.

Для цього відносно двох перших точок, які визначають одну хвилю, тобто її початок та кінець, прописуємо можливі наступні напрямки руху. Якщо аналізована початкова хвиля є хвилею 1 із принципу Елліота, то наступна може бути 0,382; 0,5; 0,618; 0,764 або 0,854 (табл. 2.1) довжини цієї першої хвилі та може мати як зростаючий, так і спадний тренд (залежить ще від напрямку хвилі 1). Аналогічно рухаємося далі та отримуємо, що третя хвиля з протилежним коригуючим напрямком до другої, як стверджує теорія Елліота, може становити 1,618; 2; 2,618; 3,236 довжини другої хвилі.

За такою логікою складається таблиця з усіх можливих комбінацій правил, що є основою для навчання нейронної мережі. Власне, такі комбінації значень показують можливі варіанти приростів значень показника на фондовому ринку. Варто зауважити, що коефіцієнти довжин хвиль за Елліотом не є одразу ж можливими значеннями приростів. Правила таблиці відносних приростів будуються окремо для кожного активу та будь-яких двох обраних точок, що позначають початок та кінець першої аналізованої хвилі.

Для одного логічного висловлювання, відповідно до теорії Елліота, аналізуємо вісім вхідних змінних ( $x_1, \dots, x_8$ ) та одну вихідну змінну ( $y$ ), яка і прогнозуватиметься (принцип Елліота налічує 8 хвиль), де  $x_1$  – це початкова ціна

активу (наприклад, точка початку хвилі 1), а  $y$  – кінцева ціна на аналізованому проміжку (наприклад, кінець хвилі C).

Таким чином, відповідно до принципу Елліота, сформулюємо набір правил поведінки ціни на ринку та визначимо можливе значення кінцевої точки та безпосередньо напрямку 8 хвилі для кожного з відповідних висловлювань. Важливо зазначити, що при моделюванні нема розуміння, на якій із хвиль циклу Елліота ми перебуваємо в конкретний проміжок часу, тому формулюємо різні варіанти правил при цьому за логікою, що прописана вище, не лише для випадків, коли точка  $x_1$  є початком хвилі 1.

При цьому двом вхідним початковим точкам відповідає у кінцевому підсумку різні варіанти  $y$ , що, власне, і формує перелік усіх таких логічних висловлювань. Така база і буде джерелом для побудови моделі, її тренування та тестування.

Зрозуміло, що такий набір висловлювань та правил є працюючим за «ідеальних» умов. На практиці будемо мати справу з відповідними відхиленнями від заданих базових правил. Через це підключаються нейронні мережі. Після навчання моделі на реальних рядах кожному правилу буде присвоєно ваговий коефіцієнт ймовірності виникнення правила нейронною мережею, тобто модель визначить специфіку поведінки того чи іншого активу на відповідному проміжку часу, на що потім буде активніше реагувати та зважати модель під час донавчань [26].

Якщо говорити детальніше про особливості застосованої нейронної мережі, то в роботі використовується багат шаровий персептрон (*multi-layer perceptron*), який працює за логікою оптимізації суми квадратів помилки за допомогою або LBFGS або стохастичного градієнтного спуску [29].

Таким чином, після розуміння можливих варіантів наборів висловлювань варто визначити алгоритм роботи програми. Зокрема, він полягає в підключенні усіх необхідних бібліотек та пакетів. Далі відбувається завантаження та опрацювання даних (перехід від абсолютних значень до відносних величин). Наступним етапом є зіставлення реальних даних із правилами нечіткої логіки та

навчання нейронної мережі. Тестування побудованої мережі, перевірка її якості та оцінка отриманих результатів описані в підрозділі 3.2.

Написання програмного коду для проведення моделювання та його реалізація проводилася за допомогою мови програмування Python, яка є зручною для роботи з базами даних нашого формату та має окремі вбудовані бібліотеки для навчання нейронних мереж, зокрема для реалізації різних поставленої мети було підключено бібліотеки *pandas*, *numpy*, *sklearn*.

Код із коментарями розміщений у додатку Е.

Отже, дієвість принципу Елліота перевірятиметься на прикладі акцій компанії Apple (AAPL), валютної пари EUR–USD (EUR\_USD), фондового індексу S&P 500 (S&P) та криптовалюти Bitcoin (BTC) на денних, тижневих та місячних графіках за допомогою нейронної мережі з використанням правил, побудованих за принципом нечіткої логіки.

### 3.2. Тестування та оцінка результатів моделювання

Усю вибірку даних, які аналізуємо, поділили випадковим чином на дві групи: тренувальну та тестову у відношенні 80%, 20% відповідно. Одразу зауважимо, що такий поділ не є критичним та не забирає з навчальної бази даних окремі випадки для прогнозування поведінки хвиль Елліота, адже вони відрізняються з іншими сусідніми на одне значення можливої довжини хвилі за рядом Фібоначчі, а напрям цієї хвилі та відповідно інші значення ряду залишаються незмінними, тобто можуть виступати тренувальною основою для навчання моделі (наприклад, в одному тренувальному наборі довжина хвилі С складає 0,618 від хвилі А, а в іншому – 0,5).

Для тренувальної вибірки побудували відповідні моделі для кожного з показників на кожному з проміжків часу. Якість отриманих результатів перевіряли на тестовій вибірці, отриманий із загальної бази правил рандомним чином.

Побудовані моделі для обраних показників на відповідних відрізках часу за базовими налаштуваннями нейронної мережі показали наступні результати (деталі відображені в табл. 3.1).

Таблиця 3.1

## Якість моделей за базовими налаштуваннями

Модель		MSE_train	MSE_test	Diff_train	Diff_test
APPL	Місяць	4,41E-05	4,41E-05	-112,3770	-28,0988
	Тиждень	4,20E-07	4,20E-07	-3,9108	-0,9779
	День	2,29E-04	2,29E-04	-199,8130	-49,9614
S&P	Місяць	1,45E-05	1,45E-05	-46,7207	-11,6821
	Тиждень	6,92E-04	6,92E-04	296,5282	74,1442
	День	3,03E-04	3,03E-04	213,3755	53,3526
EUR USD	Місяць	8,08E-09	8,08E-09	0,8715	0,2179
	Тиждень	1,27E-08	1,27E-08	0,2391	0,0598
	День	1,89E-08	1,89E-08	-0,4785	-0,1196
BTC	Місяць	1,01E-17	1,01E-17	-7,94E-06	-1,99E-06
	Тиждень	6,31E-13	6,31E-13	0,0098	0,0024
	День	3,60E-02	3,60E-02	-3016,2160	-754,1770

Джерело: побудовано автором на базі моделі.

Як бачимо, навіть базові налаштування моделей показують у більшій мірі задовільні показники та достатньо високу якість моделей. Достатньо високі значення точності моделювання, як би це незвично не було, зважаючи на волатильність крипторинку, показує динаміка курсу Bitcoin на місячному та тижневому графіках. Однак, при денному моделюванні результат одразу ж погіршується, що, в принципі, і відповідає реальному стану: на тижневих та місячних даних простежується певний тренд криптовалюти, а денний графік є менш надійним у цьому аспекті, адже ціна двох сусідніх днів достатньо доливається на ринку (денні відхилення можуть часто перевищувати 10 %, наприклад).

Так, наприклад, при точності прогнозування для EUR-USD щоденна торгівля упродовж березня 2023 року могла б принести 1 % прибутку на противагу -2 % приросту кінця аналізованого періоду відносно його початку (середній відсоток на депозитах за цією парою не перевищує 1 % на рік, тобто

1/12 % за місяць). Аналогічні приклади прибутковості прогнозування на базі моделі можна отримати, проаналізувавши дані інших активів, що обрані для аналізу. Зокрема, за 2022 рік на місячному інтервалі показника ВТС торгівля за моделлю принесла б 14 % відносно -57 % збитку без використання коливань цін за моделлю (тренд у 2022 році спадний).

Як бачимо, навіть із базовими налаштуваннями, використання хвиль Елліота для прогнозу фондового ринку показує ефективність використання моделювання динаміки показників. Базове налаштування моделі має наступний вигляд [29]:

```
hidden_layer_sizes=(100,), activation='relu', solver='adam', alpha=0.0001, batch_size='auto',
learning_rate='constant', learning_rate_init=0.001, power_t=0.5, max_iter=200, shuffle=True,
random_state=None, tol=0.0001, verbose=False, warm_start=False, momentum=0.9,
nesterovs_momentum=True, early_stopping=False, validation_fraction=0.1, beta_1=0.9,
beta_2=0.999, epsilon=1e-08, n_iter_no_change=10, max_fun=1500.
```

Перейдемо до налаштування параметрів моделей для кожного із показників та відповідних часових проміжків для отримання ще більшої якості прогнозу. Зокрема, під налаштуванням моделі розуміється тестування зміни таких параметрів:

- `hidden_layer_sizes` – кількість нейронів у *i*-му прихованому шарі (тестуємо коливання від 50 до 150 нейронів з кроком 10),

- `activation` – функція активації прихованого шару (тестуємо варіанти ‘identity’ (безопераційна активація, лінійна функція); ‘logistic’ (логістична сигмоїдна функція); ‘relu’ (випрямлена лінійна одинична функція)),

- `solver` – метод оптимізації ваги (тестуємо варіанти ‘adam’, ‘sgd’),

- `batch_size` – розмір груп для стохастичних оптимізаторів (тестуємо коливання від 10 до 1000 з кроком 10),

- `max_iter` – максимальна кількість ітерацій (тестуємо коливання від 50 до 200 з кроком 10),

- `early_stopping` – дострокова зупинка, якщо якість навчання не покращується (тестуємо як True, так і False) [29].

У результаті автоматичного перебору (програмна реалізація показана в додатку Е) отримали наступні оптимальні моделі, які відібралися за критерієм якості прогнозування. У табл. 3.2 показали нові оцінки якості моделей з найбільш оптимальними параметрами, що отримали. Варто зауважити, що покращення якості відбулося найбільше при моделюванні денного графіку по курсу BTC, а також є суттєвий вплив на модель S&P 500, що підтверджується вищими показниками якості. На EUR-USD показник на усіх проміжках донавчання моделі практично не вплинуло. Якість залишилася на попередньому рівні.

Таблиця 3.2

## Якість моделей за індивідуальними налаштуваннями

Модель		MSE_train	MSE_test	Diff_train	Diff_test
APPL	Місяць	3,26E-05	3,26E-05	-83,1590	-20,7931
	Тиждень	3,10E-07	3,10E-07	-2,8940	-0,7236
	День	1,70E-04	1,70E-04	-47,8616	-36,9714
S&P	Місяць	1,07E-05	1,07E-05	-34,5733	-8,6447
	Тиждень	5,12E-04	5,12E-04	19,4309	54,8667
	День	2,24E-04	2,24E-04	27,8979	39,4809
EUR USD	Місяць	5,98E-09	5,98E-09	0,6449	0,1613
	Тиждень	9,40E-09	9,40E-09	0,1769	0,0442
	День	1,40E-08	1,40E-08	-0,3541	-0,0885
BTC	Місяць	7,44E-18	7,44E-18	-5,88E-06	-1,47E-06
	Тиждень	4,67E-13	4,67E-13	0,0072	0,0018
	День	2,66E-02	2,66E-02	-231,9999	-158,0910

Джерело: побудовано автором на базі моделі.

Таблиця 3.3

## Індивідуальні параметри моделей оптимальної якості

Модель		hidden_layer_sizes	activation	solver	batch_size	max_iter	early_stopping
APPL	Місяць	50	relu	adam	1000	133	True
	Тиждень	138	relu	adam	450	116	True
	День	138	relu	adam	230	166	True
S&P	Місяць	94	identity	adam	890	133	True
	Тиждень	94	relu	adam	890	183	True
	День	116	identity	adam	340	166	True

## продовження табл. 3.3

Модель		hidden_layer_sizes	activation	solver	batch_size	max_iter	early_stopping
EUR USD	Місяць	127	logistic	sgd	890	50	True
	Тиждень	150	logistic	sgd	890	150	True
	День	61	identity	sgd	1000	100	True
BTC	Місяць	138	logistic	sgd	340	50	True
	Тиждень	116	logistic	adam	230	50	True
	День	61	relu	adam	340	200	True
<b>Універсальна модель</b>		<b>107</b>	<b>relu</b>	<b>adam</b>	<b>624</b>	<b>125</b>	<b>True</b>

Джерело: побудовано автором на базі моделі.

Таким чином, у роботі використався 3-шаровий перцептрон, де першим шаром є вхідні дані, у внутрішньому шарі виконуються обчислення за налаштованими користувачем параметрами та на вихід (третій вихідний шар) подається одне прогнозоване значення.

Важливим, на нашу думку, є пошук оптимальної універсальної моделі для будь-яких активів фондового ринку та довільно обраних проміжках часу. Узагальнення отриманих результатів вище дозволило зробити висновки щодо налаштування наступних параметрів нейронної мережі. Узагальнення здійснювалося з міркувань підібрати найбільш повторювані параметри або ж усереднити отримані на попередньому кроці дослідження результати за всіма активами на всіх часових проміжках. Зокрема, така універсальна модель має вигляд.

```
universal_model = MLPRegressor(hidden_layer_sizes=107, activation='relu', solver='adam', batch_size=624, max_iter=125, early_stopping=True)
```

Тестування універсальної моделі на кожному із обраних для аналізу показників дало наступні результати якості для кожного з аналізованих активів на відповідних проміжках часу, що показано в табл. 3.4. Варто зауважити, що спостерігаються покращення усіх критеріїв оцінювання якості в порівнянні з базовими налаштуваннями моделі, що пропонуються в тілі бібліотеки Scikit-learn MLPRegressor.

Зрозуміло, що якість універсальної моделі дещо нижча, ніж конкретно налаштованих для кожного із показників, однак залишається у межах задовільного діапазону та все ж є прибутковішою, ніж звичайна торгівля (купівля на початку аналізованого періоду та продаж у кінці) без врахування коливань ціни.

Найбільші відхилення за показником залишаються на денному графіку BTC, зважаючи на його волатильність. Окрім цього, менш низькі показники якості притаманні моделям, побудованим на базі індексу S&P 500, а також варто зважати на точність при аналізі та прогнозуванні ціни акцій Apple на денному графіку.

Найкраще універсальна модель прогнозує місячну динаміку EUR-USD, що і підтверджується можливими варіантами прибутковості при торгівлі на ринку за сигналами моделі.

Таблиця 3.4

## Якість моделей за універсальними налаштуваннями

Модель		MSE_train	MSE_test	Diff_train	Diff_test
APPL	Місяць	3,75E-05	3,75E-05	-95,5205	-23,8840
	Тиждень	3,57E-07	3,57E-07	-3,3242	-0,8312
	День	1,95E-04	1,95E-04	-69,8411	-42,4672
S&P	Місяць	1,23E-05	1,23E-05	-39,7126	-9,9298
	Тиждень	5,89E-04	5,89E-04	152,0490	63,0225
	День	2,57E-04	2,57E-04	181,3692	45,3497
EUR USD	Місяць	6,87E-09	6,87E-09	0,2408	0,1852
	Тиждень	1,08E-08	1,08E-08	0,2032	0,0508
	День	1,61E-08	1,61E-08	-0,4067	-0,1017
BTC	Місяць	8,54E-18	8,54E-18	-6,75E-06	-1,69E-06
	Тиждень	5,36E-13	5,36E-13	0,0083	0,0021
	День	3,06E-02	3,06E-02	-563,7837	-641,0504

Джерело: побудовано автором на базі моделі.

Отже, моделювання даних та оцінка їхньої якості допомогла визначити оптимальні налаштування параметрів для навчання нейронних мереж для кожного з показників на відповідних часових проміжках. Варто зауважити, що універсальний варіант моделі для будь-якого ряду даних має місце бути (показав

задовільну якість), однак для вищої точності варто все ж таки підбирати індивідуальні параметри для кожної моделі окремо.

Усі побудовані моделі для відповідних показників та часових проміжків мають задовільну якість та можуть застосовуватися на практиці, показують при цьому задовільні результати прибутковості.

### *3.3. Аналіз отриманих результатів та побудова прогнозу розвитку фондових ринків у короткочасовій перспективі*

Відповідно до обраної універсальної моделі, здійснимо прогноз динаміки кожного з активів у квітні 2023 року (вибірка для моделювання закінчується березнем 2023 року). Прогноз по кожному із параметрів на найближчий період показано на рис. 3.1 – рис. 3.3. Порівняння показників із реальними значеннями квітня показують ефективність моделювання та порівняно задовільну точність прогнозів.

Якщо детальніше проаналізувати отримані результати, можна зробити наступні висновки.

Місячні результати моделювання показали близькі до реальних прогнозовані значення на квітень 2023 року, окрім AAPL, що видно на рис. 3.1. За всіма активами модель правильно спрогнозувала тренд активів, окрім акцій компанії Apple. У цьому випадку маємо в реальності подовження хвилі Елліота, що не враховано в навчанні моделей та є наступним етапом до реалізації та впровадження.

Інше порівняно суттєве відхилення від реальних даних спостерігаємо на прикладі валютної пари EUR-USD. Модель правильно вказала на динаміку курсу, однак була песимістичнішою в прогнозі, ніж реальні дані.

Індекс S&P 500 та курс криптовалюти BTC спрогнозовано з похибкою лише в 0,5 %.

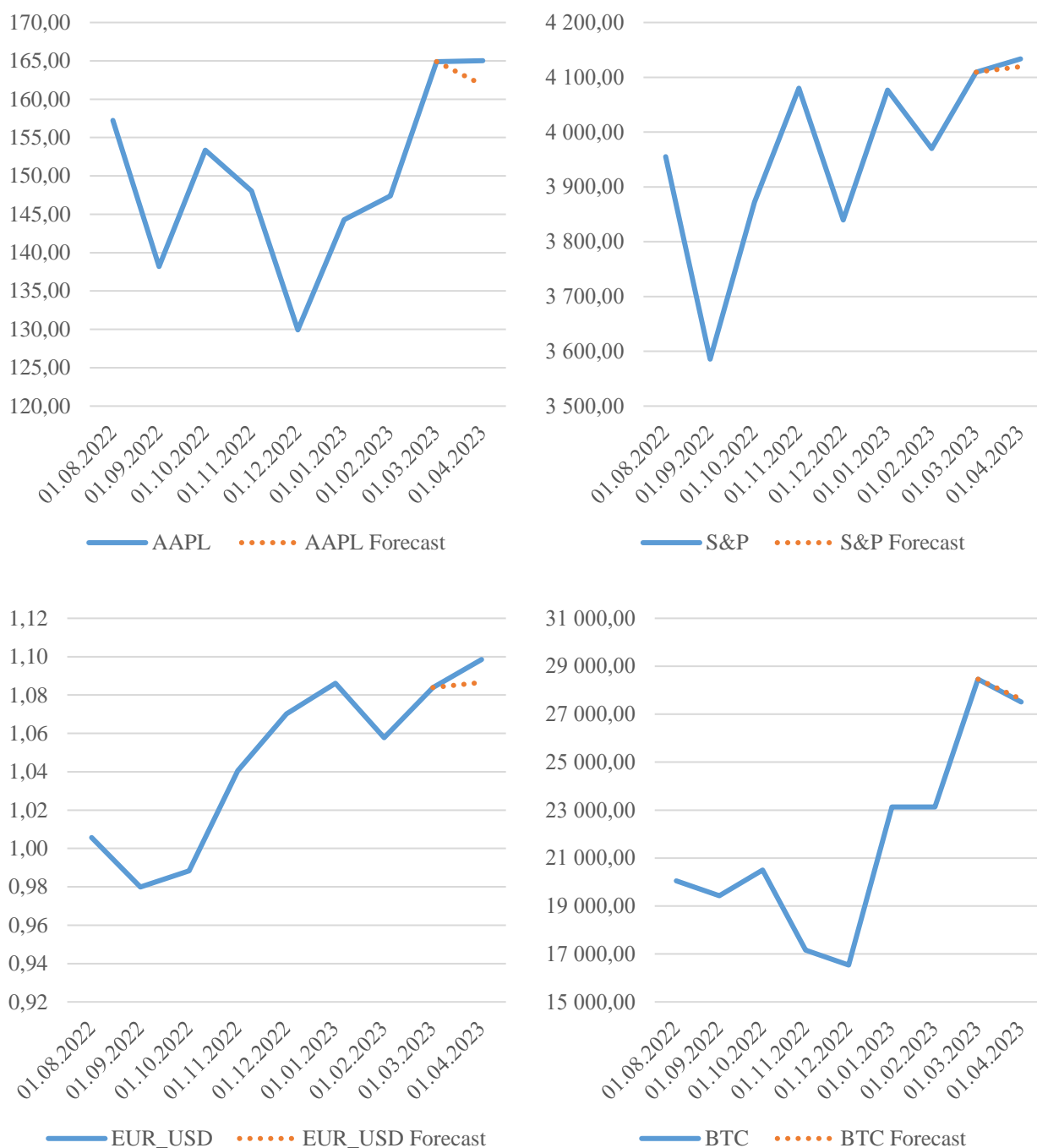


Рис. 3.1. Прогноз ціни активів у квітні 2023 року та порівняння з фактичними значеннями (місячна динаміка).

Джерело: розрахунки автора на базі моделей.

Результати моделювання тижневої динаміки активів показано на рис. 3.2. У цілому динаміку модель спрогнозувала правильно динаміку

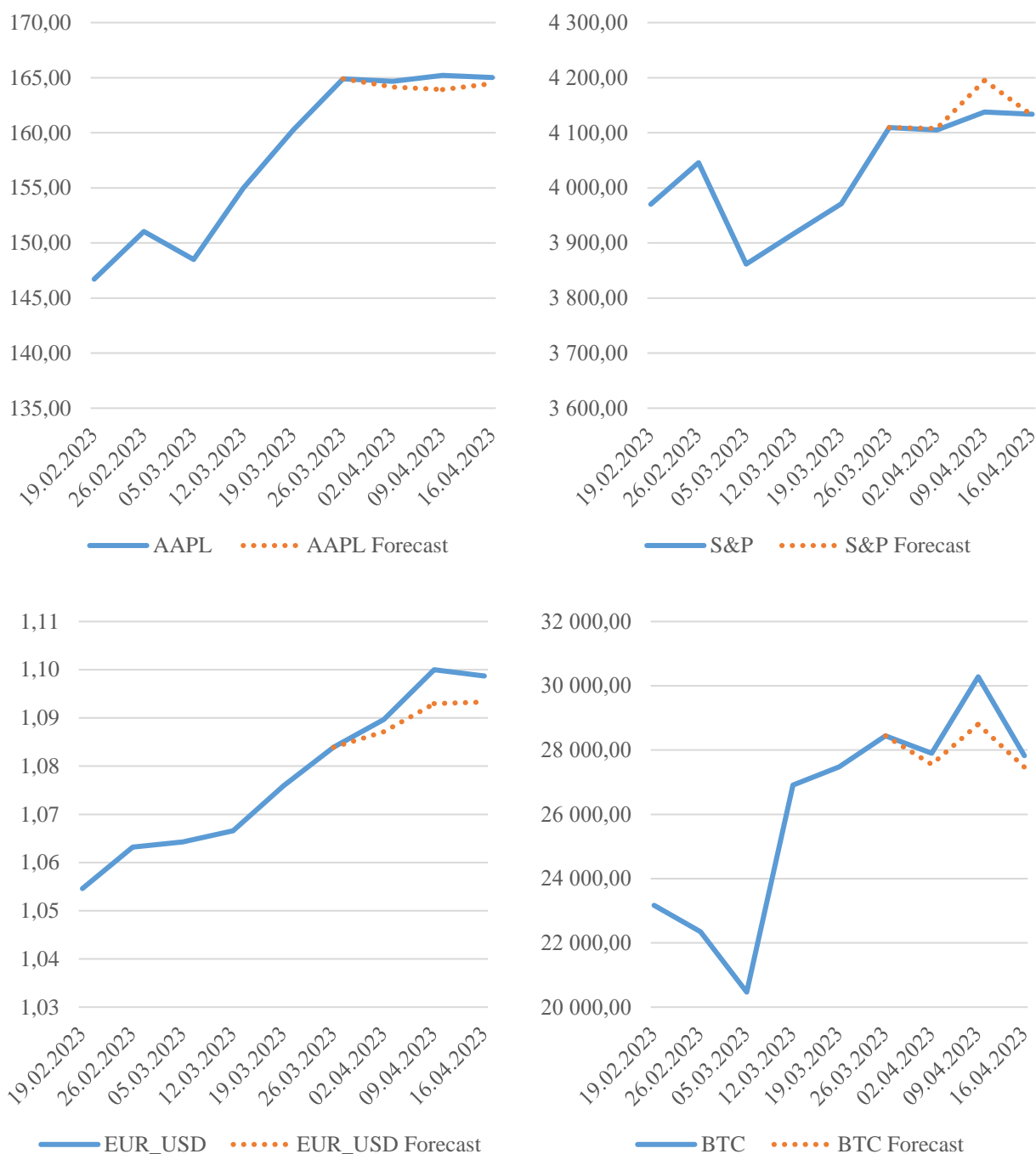


Рис. 3.2. Прогноз ціни активів у квітні 2023 року та порівняння з фактичними значеннями (тижнева динаміка).

Джерело: розрахунки автора на базі моделей.

Варто зауважити, що найменшу точність матиме денний прогноз, адже щоразу будується на попередньо спрогнозованих значеннях, що збільшує ймовірність похибки. Однак, як зазначалося вище, модель призначена для подання прогнозів поведінки ринку в найближчий час (зростання чи спадання). Результат прогнозування на 20 днів квітня 2023 року показано на рис. 3.3.

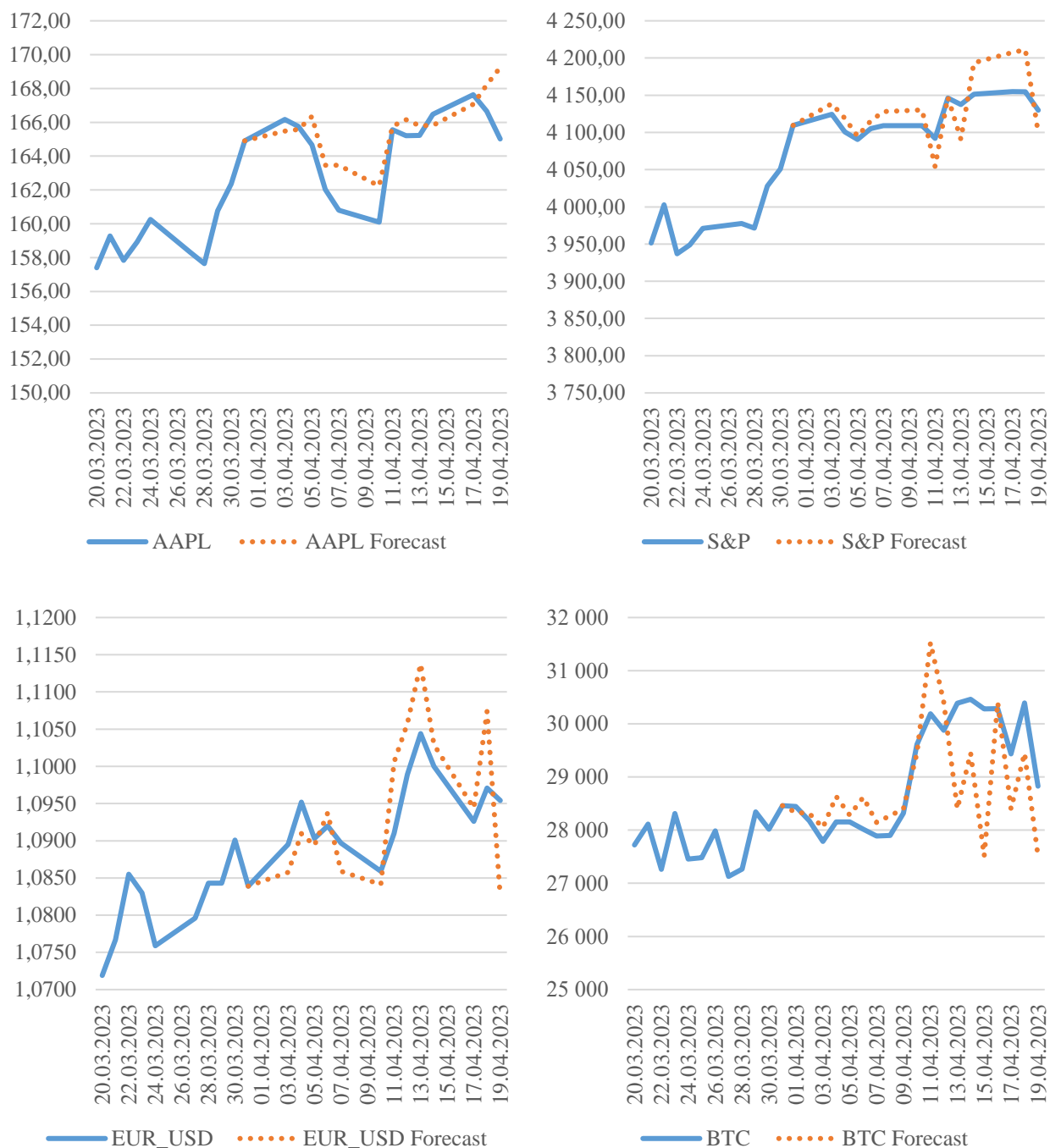


Рис. 3.3. Прогноз ціни активів у квітні 2023 року та порівняння з фактичними значеннями (щоденна динаміка).

Джерело: розрахунки автора на базі моделей.

Як видно з графіків на рис. 3.3, модель подає достатньо точний прогноз на найближчі 5-10 днів від останніх фактичних даних. Наступні періоди можуть суттєво збиватися у тренді, якщо модель помилково спрогнозує, на якому типі ринку ми перебуваємо: бичачий чи ведмежий.

Узагальнення даних щодо відхилення фактичних значень від прогнозованих показано в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

## Відхилення фактичних даних від прогнозованих у квітні 2023 року

Модель		Середнє арифметичне відхилення	Відхилення прогнозу від факту	Середнє квадратичне відхилення
APPL	Місяць	-3,17	-1,92%	2,24
	Тиждень	-2,34	-1,47%	0,86
	День	13,33	2,62%	3,62
S&P	Місяць	-14,13	-0,34%	9,99
	Тиждень	58,36	0,47%	33,18
	День	125,06	2,23%	67,86
EUR USD	Місяць	-0,01	-1,09%	0,01
	Тиждень	-0,01	-0,46%	0,01
	День	0,02	2,11%	0,01
BTC	Місяць	117,49	0,43%	83,076
	Тиждень	-2 180,45	-2,54%	899,68
	День	1 914,93	4,51%	1523,68

Джерело: побудовано автором на базі моделі.

Як видно з таблиці, відхилення факту від прогнозів не перевищують 5 %, як у більшу, так і в меншу сторону. Частіше модель занижає прогнозні значення, є більш песимістичною, ніж ринок. Найбільше модель відхиляється від реальної ситуації на денному графіку, зокрема за волатильним криптоактивом Bitcoin (відхилення факту від прогнозу склало 4,51 %). Окрім цього, є помилкове прогнозування на пряму руху ціни акцій компанії Apple на денному графіку в кінці аналізованого періоду (загальне відхилення за період 2,62 %). За іншими активами відхилення на денних графіках від 2,23 % до 2,62%.

Відхилення прогнозів за тижневий та місячний періоди не перевищує 2 % (лише тижневий графік BTC показав -2,54 %).

Середнє арифметичне та середнє квадратичне значення відхилень теж знаходяться в задовільних діапазонах.

Отже, моделювання динаміки активів на фондовому ринку за допомогою хвильової теорії Елліота та виконання прогнозів на базі побудованої моделі показує ефективність використання такого методу. Прогнозовані результати

відповідають реальним значенням, у більшій мірі правильно відбудовують тренд показника, що, власне, вважається задовільним результатом такого моделювання. Однак, прогнози показують вищу точність на короткий період часу (до 10 днів). Дотримання прогнозів, що видає модель, може покращити результати прибутковості при торгівлі активами на ринку.

Варто зауважити, що подальшими напрямками роботи є налаштування оновлення даних через Investing.com, здійснення відповідних прогнозів та повідомлення користувача системи про прогнозований напрям руху ринку в обраний проміжок часу в автоматизованому режимі через окрему інформаційну систему. Також важливим напрямком дослідження є удосконалення моделювання хвиль Елліота, а саме додавання до бази логічних висловлювань можливі варіанти подовження хвиль. Окрім цього, за мету ставиться включення до моделі можливих інфошумів та навчання нейронної мережі реагувати на них.

### *Висновки до розділу 3*

Моделювання динаміки та напрямку фондового ринку за допомогою хвильового принципу Елліота показує ефективність такого підходу незалежно від типу активу та часового інтервалу, на якому він аналізується. Економіко-математична подача хвильового принципу Елліота була реалізована через використання бази правил нечіткої логіки та нейронних мереж.

Прибутковість за побудованою моделлю за Елліотом значно вища у порівнянні зі значеннями при неврахуванні коливань ринку (якщо купуємо на початку аналізованого періоду та продаємо у кінці).

Налаштування окремих параметрів нейронної мережі дозволило покращити якість прогнозів та отримати більш точні результати моделювання. Окрім цього, здійснено побудову універсальної моделі для прогнозування динаміки різних активів на фондовому ринку, на базі якої було спрогнозовано ціну активів упродовж 20 днів квітня 2023 року та порівняно з реальними даними. Отримані результати дозволили зробити висновок, що таке моделювання динаміки ринку на базі хвиль Елліота є доцільним на короткий проміжок часу (5-10 днів). На

довший період через побудову моделі на базі попередньо спрогнозованих даних точність суттєво знижується, що потрібно враховувати при виконанні прогнозів динаміки ринку та його окремих показників.

Подальше дослідження полягає в автоматизації прогнозів та перетворенні їх на якісне універсальне рішення для усіх гравців фондового ринку.

## ВИСНОВКИ

Фондовий ринок – це складне та мінливе середовище, на яке впливає безліч факторів, що можна поділити на передбачувані та такі, що виникають спонтанно. При цьому кожен із цих чинників впливає на психологію та відповідно поведінку учасників ринку, яка вибудовується в загальний шаблон, що виділив та проаналізував у своїй праці Елліот. Так, дотримання його хвильової концепції може допомогти в прогнозуванні динаміки показників фондового ринку та пошуку універсального рішення для торгів із різними активами та різних часових проміжках.

Власне, за мету було й поставлено моделювання динаміки фондового ринку для його прогнозування. У результаті виконання поставлених завдань для досягнення мети було зроблено наступні висновки.

- 1.1. Визначено, що фондовий ринок – це частина фінансового ринку, який є ефективним механізмом зосередження заощаджень учасників ринку та трансформування їх в інвестиції. При цьому виграють усі його гравці: інвестори отримують свій відсоток прибутку, а позичальники мають натомість легкий варіант залучення вільного капіталу для подальшого розширення бізнесу. Таким чином, фондовий ринок, виконуючи своє основне завдання, що описане вище, виступає драйвером економічного зростання.
- 1.2. Розглянуто різні показники та параметри, за допомогою яких можна аналізувати стан фондового ринку, зокрема фондові індекси. У роботі наведено кілька підходів до обрахунку фондових індексів, представлено приклади до кожного з них. Зроблено висновок, що за допомогою аналізу динаміки фондових індексів можна дати відповідь на питання «Інвестувати чи ні?» з високим значенням ймовірності. При цьому для отримання достатньо якісної відповіді на це питання в нагоді можуть стати інструменти технічного аналізу. Також зроблено важливе зауваження, що потрібно

зважати на макроекономічні індикатори розвитку національних економік та окремих галузей, до яких належить той чи інший актив, що аналізується.

- 1.3. Показано, що на фондовий ринок впливають прямі та опосередковані чинники, кожен з яких діє окремо або в сукупності з іншими та в результаті призводить до високої волатильності на ринку. Такі фактори впливу можуть бути як глобальними змінами в макроекономічних показниках, так і окремими випадками, які мають свій вплив на динаміку того чи іншого показника. Окрім цього, наведено приклади інфошумів, що різко впливають на рішення більшості гравців ринку, що, власне, спричиняє коливання того чи іншого активу. При цьому важливо розуміти, що більшість інвесторів діють за основними психологічними принципами ринку та самостійно задають загальний тренд та коливання ціни аналізованого активу.
- 2.1. Здійснено огляд хвильових теорій, що мають місце в економічній науці та практиці: від базових трьох хвиль Тоффлера, економічних циклів Кондратьєва до конкретних теорій, що показали свою ефективність на короткочасових проміжках, зокрема хвильовий принцип Елліота, Доу, Вульфа. Визначено, що кожна з теорій має свої особливості застосування на фондовому ринку та показує відповідні результати накладання її положень на реальні дані динаміки активів.
- 2.2. Оцінено ефективність різних хвильових теорій на конкретних прикладах через порівняння можливого варіанту прибутковості за умови дотримання та відповідно неврахування хвильових коливань. Відповідно до такого аналізу, було зроблено висновок, що достатньо ефективним варіантом прогнозування ринку є хвильовий принцип Елліота. Окрім цього, у роботі розглянуто наукові концепції та приклади моделювання фондового ринку через різні економіко-математичних інструменти, які використовуються в сучасних наукових дослідженнях.
- 2.3. Визначено основні етапи моделювання фондового ринку за допомогою теорії хвиль, а саме вибір бази моделювання та часового проміжку; аналіз бази даних, її перевірка на якість; вибір інструмента для моделювання;

підготовка до моделювання, зокрема створення бази правил, вибір середовища для реалізації моделювання, написання програмного коду, навчання моделей та налаштування їхніх параметрів; виконання прогнозів за побудованими моделями. Кожен з етапів є важливою частиною процесу моделювання та не може бути якісно виконаним без відповідного результату попередніх таких пунктів.

3.1. Відповідно до визначених етапів моделювання було побудовано нейронну мережу на базі багат шарового персептрона для визначення динаміки фондового ринку з використанням хвильового принципу Елліота. Моделювання полягало у складанні бази логічних правил з усіх комбінацій можливих довжин хвиль із врахуванням ряду Фібоначчі. На вхід такої 3-шарової мережі подається 8 послідовних значень ціни активу за певний проміжок часу, усередині персептрона здійснюються обрахунки, а на виході отримуємо прогнозоване значення ціни у наступний часовий період.

3.2. Навчання нейронних мереж відповідно до попередньо визначених правил нечіткої логіки дало змогу побудувати модель для прогнозування динаміки активів на фондовому ринку. Навіть при стандартних налаштуваннях моделі прибутковість торгівлі за сигналами побудованої нейронної мережі була вища, ніж звичайна купівля активу на початок періоду та його продаж у кінці.

Окремим етапом дослідження був пошук оптимальних параметрів навчання нейронної мережі для кожного активу на відповідних проміжках часу. Таке донавчання моделей дозволило покращити якість моделей та збільшити прибутковість.

Також важливим висновком став пошук оптимальної моделі, що могла б стати універсальним рішенням при торгівлі портфелем із різними видами активів на ринку. Зрозуміло, що індивідуальні моделі мали кращі результати, однак універсальна модель теж визначена такою, що має місце на використання для здійснення прогнозування.

3.3. На базі отриманих моделей можна виконувати прогнози на будь-який проміжок часу. Однак, при цьому варто розуміти, що чим довший проміжок, тим більша величина помилки (адже модель використовуватиме для прогнозу дані, які перед цим сама прогнозувала, коли йдеться про більше, ніж 8 точок уперед). Відхилення факту від прогнозу не перевищує 5 % (денний прогноз по ВТС – 4,51 %; тижневі та місячні періоди показують точність прогнозу – понад 98 %).

Отже, економіко-математичне моделювання фондового ринку – це складний та неоднозначний процес, який потребує комплексного врахування різних чинників, що впливають в першу чергу на рішення більшості гравців на ринку. Така їхня поведінка з точки зору психології вкладається у хвильовий патерн поведінки за Елліотом, а, отже, має ймовірність бути спрогнозованою.

Побудовані моделі динаміки різних активів на різних проміжках часу на базі правил нечіткої логіки, на яких навчаються нейронні мережі, свідчать про реальні кроки в цьому напрямку наукових досліджень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 20 technical indicators you can trust while stock trading in 2021. – eLearnmarkets. 2022. URL: <https://www.elearnmarkets.com/blog/20-technical-indicators-you-can-trust/>.
2. Atje R., Jovanovic B. Stock Markets and Development. European Economic Review. 1993. 37. P. 632-640. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/001429219390053D/>.
3. Chen J. Wolfe Wave: Definition, Pattern Examples, Trading Strategies. Investopedia. 2022. URL: <https://www.investopedia.com/terms/w/wolfewave.asp>
4. Croft L.. The Stock Market: How the Stock Market Works. Straightforward Publishing. 2022. 180 p.
5. Elliott Wave Forecast. URL: <http://www.elliottwave.net/educational/basicitenets/basics1.htm>.
6. Elliott Wave Theory. Corporate Finance Institute. 2023. URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/equities/elliott-wave-theory/>.
7. Elliott Wave View: Apple (AAPL) Rally as a Flat. Elliott Wave Forecast. 2020. URL: <https://elliottwave-forecast.com/news/elliott-wave-view-apple-aapl-rally-flat/>.
8. Financial Markets: Role in the Economy, Importance, Types, and Examples. – Investopedia. 2022. URL: <https://www.investopedia.com/terms/f/financial-market.asp>.
9. Garcia F., Lin L. Macroeconomic Determinants of Stock Market Developmentю Journal of Applied Economics. 2020. 2(1). P. 29–59.
10. Goldman Sachs знизив прогноз для індексу S&P 500 через війну в Україні. – Українська правда. 2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/03/14/684009/>.
11. Hayes A., Walters T. Introduction to Elliott Wave Theory. Investopedia. 2021. URL: <https://www.investopedia.com/articles/technical/111401.asp>.
12. Investing.com. 2023. URL: <https://investing.com/>.

13. Jain E. Impact of Law of Demand & Supply on Stock Market: A Study of Most Active BSE Indices with the Help of RSI. *IOSR Journal of Economics and Finance*. 2021. 5. P. 6–15. URL: <http://dx.doi.org/10.9790/5933-05620615>.
14. Jones B.. *Stock Exchange: Common Strategies to Follow and Common Mistakes to Avoid and Suggestions*. 2022. 308 p.
15. Josyula, Venkat. *Coordinated Portfolio Investment Survey Guide (Third Edition)*. International Monetary Fund, 2018. P. 145.
16. Kabir H. M., Metawa N., Metawa S. *Artificial Intelligence and Big Data for Financial Risk Management: Intelligent Applications*. Taylor & Francis. 2022. 246 p.
17. Kaminskyi A., Motoryn R., Pysanets K.. Investment risks and their measurement. *Probability in Action* (ed. by Bartosz Przysucha). Lublin. Politechnika Lubelska. 2019. Vol. 4. P. 97-108. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/18308>.
18. Lukas B., Gevorkyan A., Thomas p., Willi S.. Long-wave economic cycles: the contributions of Kondratieff, Kuznets, Schumpeter, Kalecki, Goodwin, Kaldor, and Minsky. *SocioStudies*. 2014. P. 120–163. URL: [https://www.sociostudies.org/almanac/articles/long-wave\\_economic/](https://www.sociostudies.org/almanac/articles/long-wave_economic/).
19. Magazzino C., Mele M., Prisco G.. The Elliott`s wave theory: Is it true during Financial Crisis. *Journal of Money, Investment and Banking*. 2012. No. 24. PP. 100–108. URL: <https://www.researchgate.net/publication/235981804>.
20. Malik Sh. *Decode Price Action: Stock Market Technical Analysis book to become a pro Trader*. *Електронна книга*. 2022. 84 p.
21. Manjunath Kv., Sekhar M. Ch. Elliott wave principle with recurrent neural network for stock market prediction. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2022. Vol.100. No 18. PP. 5127–5136.
22. Masoud N. The Impact of Stock Market Performance upon Economic Growth. *International Journal of Economics and Financial Issues*. 2013. 4. PP. 788–798. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/362817>.

23. Mylonas P., Schich S.. The Use of Financial Market Indicators by Monetary Authorities. OECD. Economic Department Working Papers. No.223. URL: <https://doi.org/10.1787/853022881453>.
24. Patrick H.T., Wai U. Stock and Bond Issues and Capital Markets in Less Developed Countries. International Monetary Fund. Staff Papers. World Bank. Washington, D.C. 1973.
25. Pradhan R., Arvin M., Samadhan B., Taneja Sh.. The impact of stock market development on inflation and economic growth of 16 Asian countries: a panel VAR approach. Applied Econometrics and International Development. 2013. 13-1. P. 203–220. URL: <https://www.usc.es/economet/reviews/aeid13116.pdf>.
26. Prasenjit Nath. How to watch trade chart patterns. 2022. 279 p.
27. Prechter R., Frost A.. Elliott Wave Principle. 2006. 118 P.
28. Roman, M.. Financial Management: Learn To Manage Finance Effectively In Your Business: Income Statement: Amazon Digital Services LLC – KDP Print US.2021. 156 c.
29. Scikit-learn.neural\_network.MLPRegressor. 2023. URL: [https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.neural\\_network.MLPRegressor.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.neural_network.MLPRegressor.html).
30. Sebree, Chet'la. Understanding the Stock Market. Cavendish Square Publishing LLC. 2019. 80 P.
31. Stapley N. The Stock Market: A Guide for the Private Investor. Woodhead-Faulkner. 3rd edition. 1986.
32. Stock Market Indicators Investors Need To Know. – Forbes. 2022. URL: <https://www.forbes.com/uk/advisor/investing/stock-market-indicators-investors-need-to-know/>.
33. Tvede L. The Psychology of Finance: Understanding the Behavioral Dynamics of Markets. 2002. P. 332.
34. Volna E., Kotyrba M., Jarusek R.. Multi-classifier based on Elliott wave's recognition. Computers&Mathematics with Applications. 2018. Vol.66. No 2. PP. 213-225. URL: <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2018.01.012>.

35. Wolfe Wave Pattern. ForexBee. 2022. URL: <https://forexbee.co/wolfe-wave-pattern/>, <https://www.youtube.com/watch?v=wWi1ypuRjPI>.
36. World Development Report 2019: Workers in an Integrating World. World Bank. New York: Oxford University Press. 2019. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/5978>.
37. Аналіз та прогнозування макро- та мікрофінансових змінних. Опорний конспект лекцій. Тернопільський національний економічний університет. 2019. 91 с. URL: [http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/33620/1/%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%A0%D0%9D%D0%98%D0%99\\_%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%9A%D0%A2\\_%D0%9B%D0%95%D0%9A%D0%A6I%D0%99.pdf](http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/33620/1/%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%A0%D0%9D%D0%98%D0%99_%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%9A%D0%A2_%D0%9B%D0%95%D0%9A%D0%A6I%D0%99.pdf).
38. Арутюнян С.С., Добриніна Л.В.. Фінансовий ринок. Навч. посібник / Київ. 2018. 484 с. URL: <http://dcmaup.com.ua/assets/files/finansovij-rinok.pdf>.
39. Базилевич В.Д., Гражевська Н.І., Гайдай Т.В., Леоненко П.М., Нестеренко А. П. Історія економічних учень. Навчальний посібник. Київ, 2004. 1300 с.
40. Босак А.О., Дойнік Ю.В. Фондовий ринок України: перспективи розвитку і світовий досвід державного регулювання. Management and Entrepreneurship in Ukraine: the stages of formation and problems of development. №3 (2). 2021. С. 290–303. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2021/nov/25547/nzmened-290-303.pdf>.
41. Гадецька З., Трунін Д., Орляцький О.. Застосування хвильової теорії Елліота для аналізу та прогнозування курсу фондового індексу S&P 500. Ефективна економіка. 2015. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3778>.
42. Ганзюк С.М. Фінансовий ринок. Конспект лекцій / Кам'янське, 2018. URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/7/36/7-36-kl86.pdf>.

43. Герасименко О.М. Вплив індексів фондового ринку на економічну безпеку торговців цінними паперами. Ефективна економіка. 2018. №9. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=292>.
44. Гнатюк Р.А. Інституційний аналіз міжнародного ринку цінних паперів. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. Львів. 2016. 232 с. URL: [https://lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/dis\\_hnatyuk.pdf](https://lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/dis_hnatyuk.pdf).
45. Клапків Ю.. Ринок страхових послуг: концептуальні засади, технічні інновації та перспективи розвитку. ТНЕУ, Економічна думка. 2020. 568 с..
46. Колупаєв Ю.Б., Залюбовська С.С., Мельничук І.О.. Проблеми залучення інвестиційних ресурсів в економіку України. Інвестиції: практика та досвід. № 8. 2018. URL: [http://www.investplan.com.ua/pdf/8\\_2018/8.pdf](http://www.investplan.com.ua/pdf/8_2018/8.pdf).
47. Кондратьев Н., Яковець Ю., Абалкін Л.. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Москва, 2002. 767 с.
48. Кулініч Т.В., Жайворонок І.Р. Аналізування фондових індексів як основних показників розвитку ринку цінних паперів окремих економік світу. Проблеми економіки та управління. 2019. №6. С. 44–50. URL: <https://doi.org/10.23939/semi2019.03.044>.
49. Лук'яненко І.Г., Марковська М.Ю.. Вплив дисбалансів фондового ринку України з урахуванням тіньових схем на економічний розвиток країни. Економічний вісник університету. 2017. №35/1. URL: [http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/13272/Vplyv\\_dysbalansiv\\_fondovoho\\_rynku\\_Ukrainy\\_z\\_urakhuvanniam\\_tinovykh.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/13272/Vplyv_dysbalansiv_fondovoho_rynku_Ukrainy_z_urakhuvanniam_tinovykh.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
50. Матвійчук А.В. Моделювання та аналіз економічних систем на підґрунті теорії нечіткої логіки. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук. Київ, 2007. 38 с. URL: [https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/35914/Matviychuk\\_af.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/35914/Matviychuk_af.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

51. Овраченко А., Куліда В.. Аналіз теоретичних концепцій довгих хвиль в економіці. Вісник Київського національного університету імені Вадима Гетьмана. 2018. С. 156–166. URL: [https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/32024/mise\\_18\\_96\\_15.pdf](https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/32024/mise_18_96_15.pdf).
52. Основні показники розвитку глобальних гравців сектору фармацевтики та біотехнологій у 2019 р. – Аптека.ua. 2020. URL: <https://www.apteka.ua/article/541262>.
53. Підписано Меморандум щодо створення універсального хабу для ринків капіталу та товарних ринків. Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку. – 2022. URL: <https://www.nssmc.gov.ua/pidpysano-memorandum-shchodo-stvorennia-universalnoho-khabu-dlia-rynkiv-kapitalu-ta-tovarnykh-rynkiv/>.
54. Селіванова К.В., Ключко Л.А. Фондовий ринок в Україні: проблеми та основні напрями їх вирішення. Молодий вчений. 2020. №4. С. 352–355. URL: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2020/4/73.pdf>.
55. Симчук М.А.. Особливості розвитку ринку цінних паперів в Україні. Фінансовий ринок. 2020. URL: <http://libfor.com/index.php?newsid=3853>.
56. Татарин Н.Б., Бунда Н.Б., Кравчук А.С. Фондовий ринок України: сучасний стан та проблеми розвитку. Молодий вчений. 2021. №3(91). С. 379–383. URL: <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/11/1-2.pdf>.
57. Теоретичні та практичні аспекти антикризового регулювання економіки країни: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Одеса, 4 травня 2019 р.). Одеський національний університет імені І. І. Мечникова. 2019. 104 с.
58. Томашевская, О., Зуйкова, А. The moral component and its role of development and functioning of the economic system. SWorldJournal. No 2. PP. 6–10. URL: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2021-09-02-002>.
59. Третьякова О. В., Харабара В. М., Грешко Р. І. Фондовий ринок України: особливості функціонування в сучасних умовах. Економіка та держава. 2020. № 5. С. 103–107.

60. Фондовий ринок: підручник в 2 книгах. Книга 1. За ред. В.Д. Базилевич. Київ, 2015. 621 с.
61. Харун О.А., Галкіна Ю.В. Теоретичні аспекти становлення фондового ринку України. Інфраструктура ринку. 2018. №20 С. 262–267.

## ДОДАТКИ

### Додаток А

#### Визначення фондового ринку як частини фінансового ринку

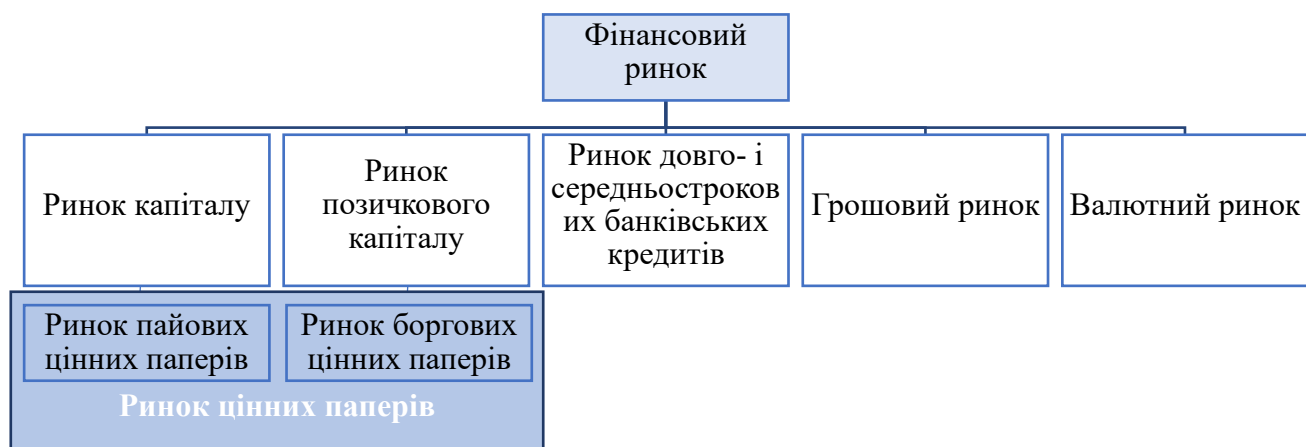


Рис. А1. Місце фондового ринку як частини фінансового ринку.

Джерело: складено автором за [45].

<b>Фінансовий ринок</b>	Фондовий ринок (stock market)
	Ринок деривативів (derivatives market)
	Ринок облігацій (obligation market)
	Форекс-ринок (Forex market)
	Товарний ринок (commodities market)
	Криптовалютний ринок (cryptocurrency market)

Рис. А2. Додаткова класифікація складових фінансового ринку та місце фондового ринку на ньому.

Джерело: складено автором за [8].

## Визначення фондового ринку як частини фінансового ринку

№	Автор	Визначення поняття «фондовий ринок»
1	Буренін О.М. [56]	Фондовий ринок – це ринок, що опосередковує кредитні відносини й відносини співволодіння за допомогою цінних паперів
2	Видяпіна В.І. [61]	Фондовий ринок – це система економічних відносин між тим, хто випускає і продає цінні папери, і тим хто їх купує і стає їх власником
3	Гриньова В.М. [46]	Фондовий ринок являє собою сукупність відносин цивільноправового характеру, які опосередковують рух капіталів у формі цінних паперів
4	Загородній А.Г. [61]	Фондовий ринок акумулює грошові заощадження юридичних осіб і громадян та спрямовує їх на виробниче і невиробниче вкладання капіталів
5	Кравченко Ю.Я. [61]	Фондовий ринок (ринок цінних паперів) – система економічних відносин із приводу випуску й обігу цінних паперів між його учасниками
6	Кушлін В.І. [57]	Фондовий ринок – один з основних механізмів акумулювання заощаджень і їх трансформації в інвестиції
7	Павлов В.І. [56]	Фондовий ринок – це такий тип ринку, де за незначний час створюються необхідні умови і відбувається швидка мобілізація, ефективний розподіл, перерозподіл і раціональне розміщення фінансових ресурсів у соціально-економічному просторі держави з урахуванням інтересів і потреб суспільства шляхом здійснення емісії цінних паперів різними емітентами
8	Патрік Х., Вай У. [24]	Фондовий ринок – це місце створення капіталу в коротко- та довгостроковій перспективах створює довгостроковий капітал, який можна спрямувати на інші варіанти підвищення прибутковості
9	Романенко О.Р. [56]	Фондовий ринок – це сфера, в якій реалізуються відносини власності, здійснюється вільне переміщення цінних паперів між різними секторами економіки, формуються фінансові джерела економічного зростання, концентруються і розподіляються інвестиційні ресурси, створюються доброзичливі умови конкуренції, умови обмеження монополізму
10	Стаплей Н. [31]	Фондовий ринок – це ключ до структурних перетворень у будь-якому типі економіки, який допоможе перейти від традиційної, зарегульованої, ненадійної банківської системи до більш гнучкої та безпечної, що має імунітет до неочікуваних різких коливань, шоків, кризових явищ, низької довіри інвесторів
11	Шкварчук Л.О. [56]	Фондовий ринок – це система економіко-правових відносин, пов'язаних з випуском та обігом цінних паперів
12	Янчинська Т.М. [38]	Фондовий ринок (ринок цінних паперів) – частина ринку капіталів, де здійснюються емісія, купівля та продаж цінних паперів

Джерело: складено автором на основі [24], [30], [31], [46], [56], [57], [61].

## Основні характеристики фондового ринку

<b>Критерії класифікації</b>	<b>Особливості фондового ринку</b>
1. Спосіб розміщення цінних паперів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– первинний</li> <li>– вторинний</li> </ul>
2. Вид розміщення цінних паперів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– пряме звернення емітента до покупця</li> <li>– через андеррайтера</li> </ul>
3. Місце операцій з цінними паперами	<ul style="list-style-type: none"> <li>– повна фондова біржа</li> <li>– позасписковий біржовий ринок</li> <li>– торгівля «з прилавка»</li> <li>– «третій ярус»</li> </ul>
4. Економічна природа цінних паперів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– боргові ЦП</li> <li>– пайові ЦП</li> <li>– іпотечні ЦП</li> <li>– похідні ЦП</li> </ul>
5. Суб'єкти випуску цінних паперів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– державних позик</li> <li>– муніципальних позик</li> <li>– корпоративних позик</li> </ul>
6. Термін обігу цінних паперів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– зі встановленим терміном обігу</li> <li>– із невстановленим терміном обігу</li> </ul>
7. Механізм виплати доходу	<ul style="list-style-type: none"> <li>– з фіксованим доходом</li> <li>– зі змінним доходом</li> </ul>
8. Територія обігу цінних паперів	<ul style="list-style-type: none"> <li>– місцевий</li> <li>– регіональний</li> <li>– національний</li> <li>– міжнародний</li> </ul>
9. Поведінка суб'єктів ринку	<ul style="list-style-type: none"> <li>– «ведмежий» ринок (ціни падають, активний продаж)</li> <li>– «бичачий» ринок (ціни зростають, активна купівля)</li> </ul>

Джерело: [42].

## Циклічність розвитку економіки та фондового ринку зокрема

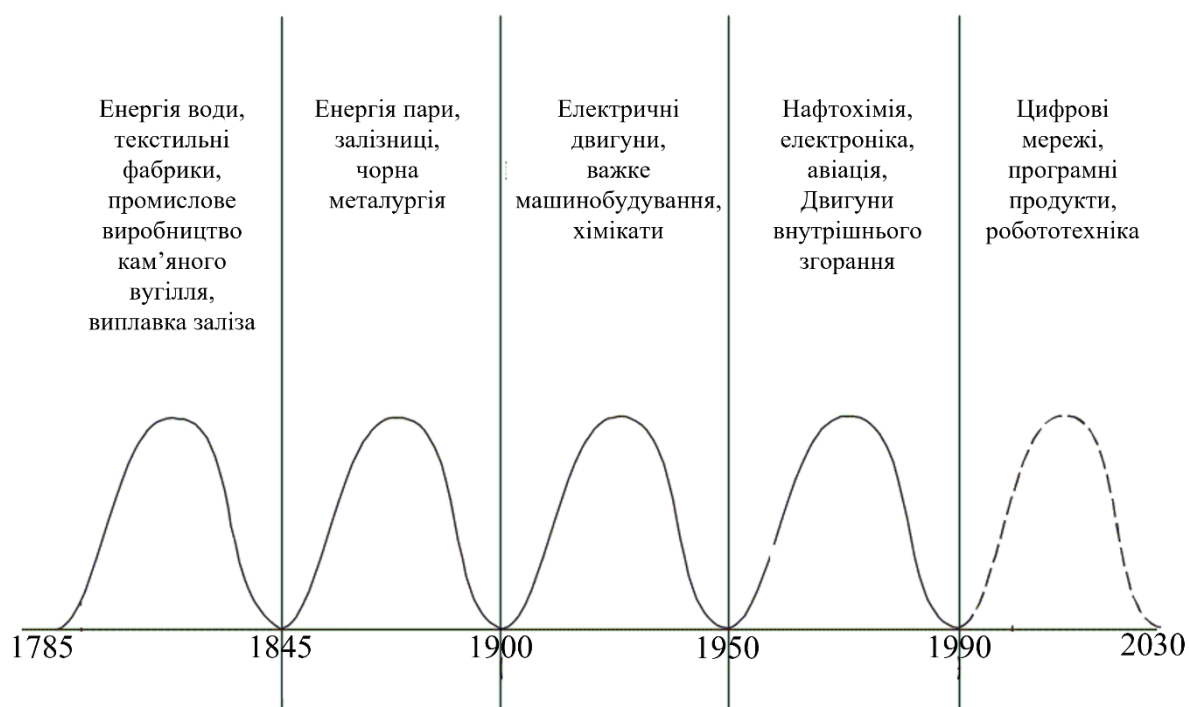


Рис. Б1. Хвилі Кондратьєва у часі.

Джерело: [47].

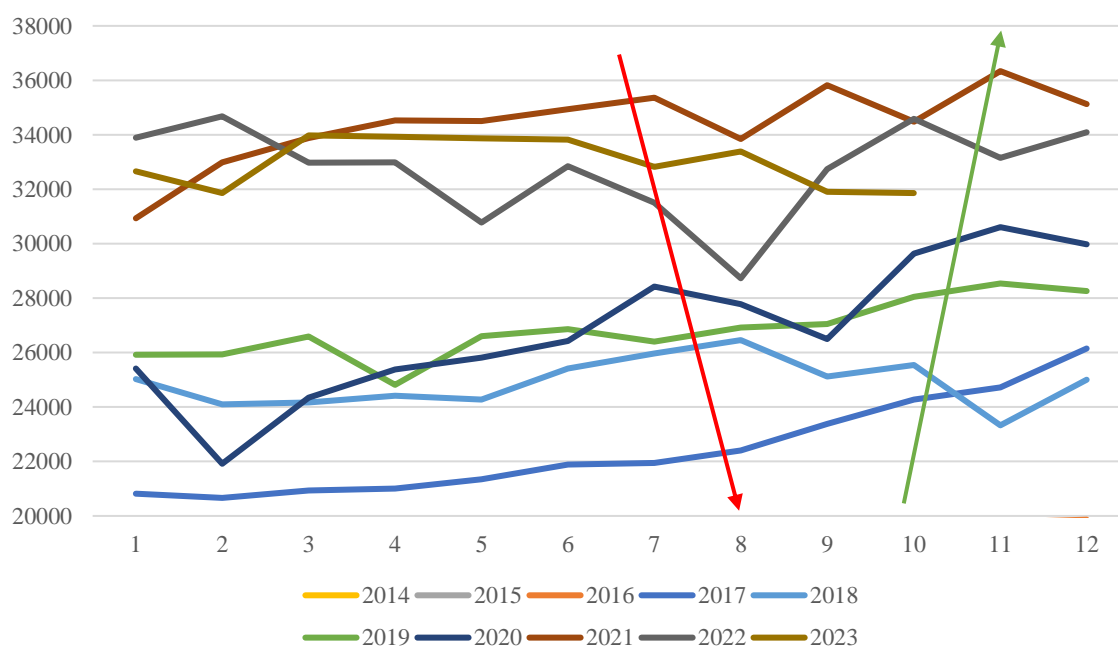


Рис. Б2. Сезонні коливання промислового індексу Dow Jones.

Джерело: побудовано автором за даними [12].



Рис. Б3. Реакція цін на фондовому ринку на економічні тенденції.

Джерело: побудовано автором за даними [12].

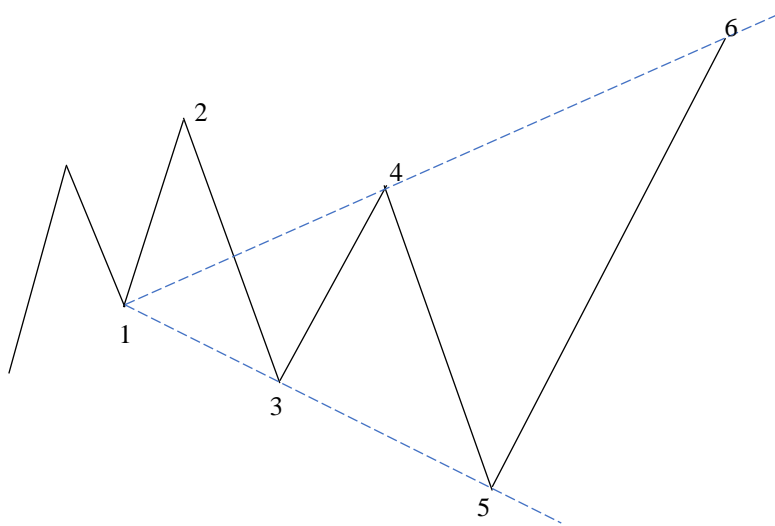


Рис. Б4. Хвилі Вульфа на «бичачому» ринку.

Джерело: [3].

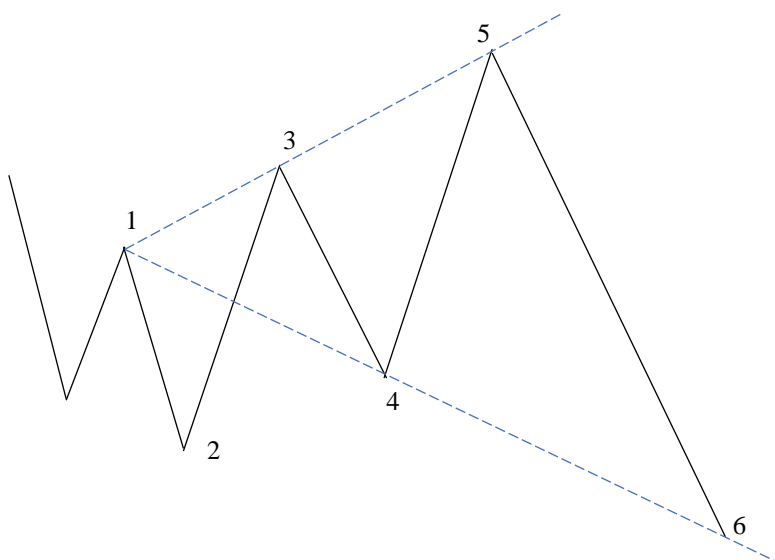


Рис. Б5. Хвилі Вульфа на «ведмежому» ринку.

Джерело: [3].

## Особливості хвиль Елліота

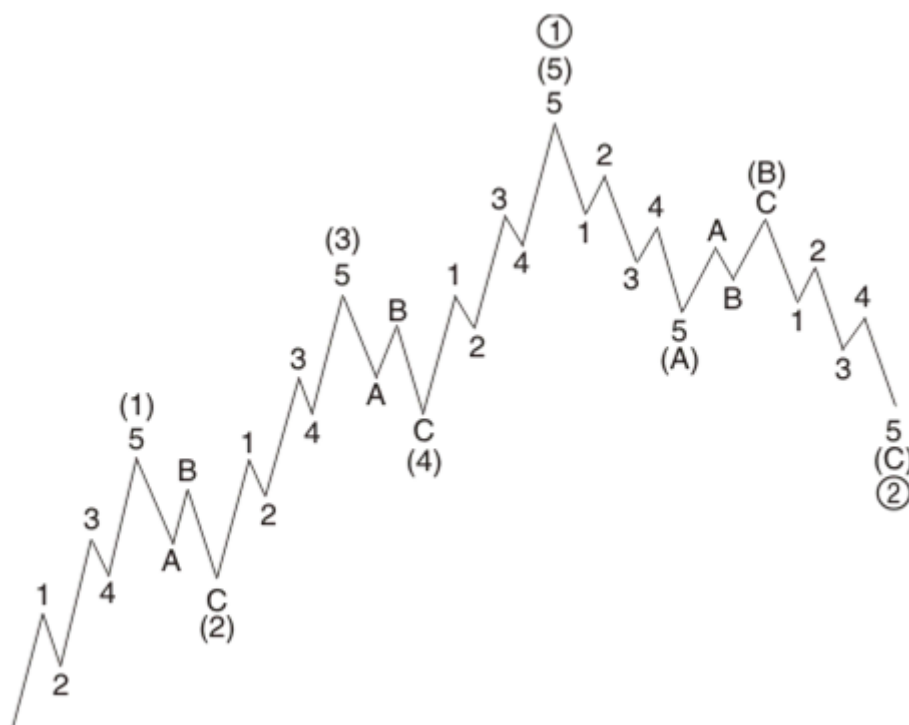


Рис. В1. Загальна схема хвиль Елліота.

Джерело: [6].

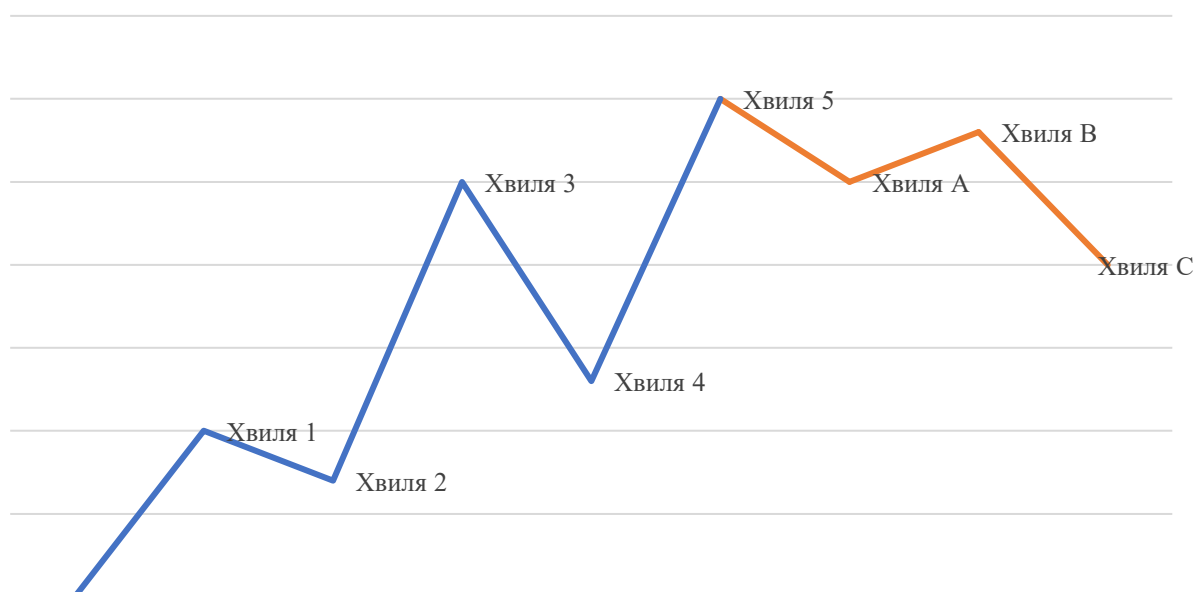


Рис. В2. Основний цикл Елліота.

Джерело: побудовано автором за [6].

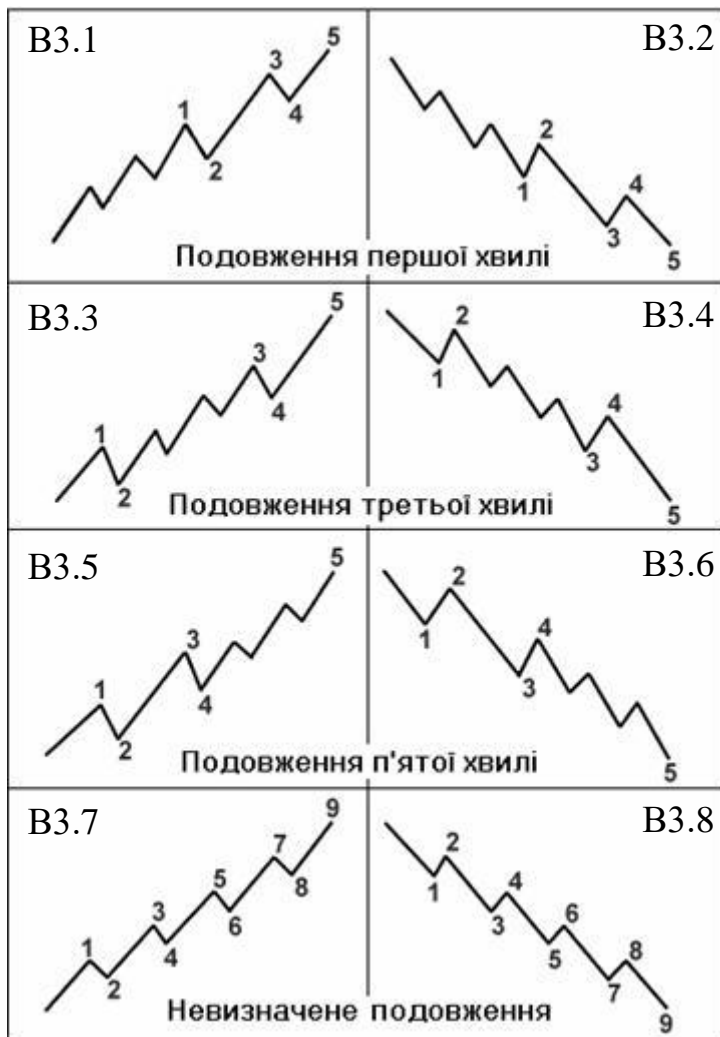


Рис. В3. Можливі подовження хвиль за принципом Елліота:

*B3.1.* – подовження першої хвилі на бичачому ринку;

*B3.2.* – подовження першої хвилі на ведмежому ринку;

*B3.3.* – подовження третьої хвилі на бичачому ринку;

*B3.4.* – подовження третьої хвилі на ведмежому ринку;

*B3.5.* – подовження п'ятої хвилі на бичачому ринку;

*B3.6.* – подовження п'ятої хвилі на ведмежому ринку;

*B3.7.* – невизначене подовження на бичачому ринку;

*B3.8.* – невизначене подовження на ведмежому ринку.

Джерело: побудовано автором за [41].

## Приклади накладання хвильових теорій на динаміку фондових показників



Рис. Г1. Накладення хвиль Вульфа на курс AUD/CHF.

Джерело: [35].



Рис. Г2. Накладення хвиль Елліота на вартість акцій Apple (AAPL).

Джерело: [7].



Рис. Г3. Накладення хвиль Елліота на індекс Міланської біржі FTSE MIB.

Джерело: [19].

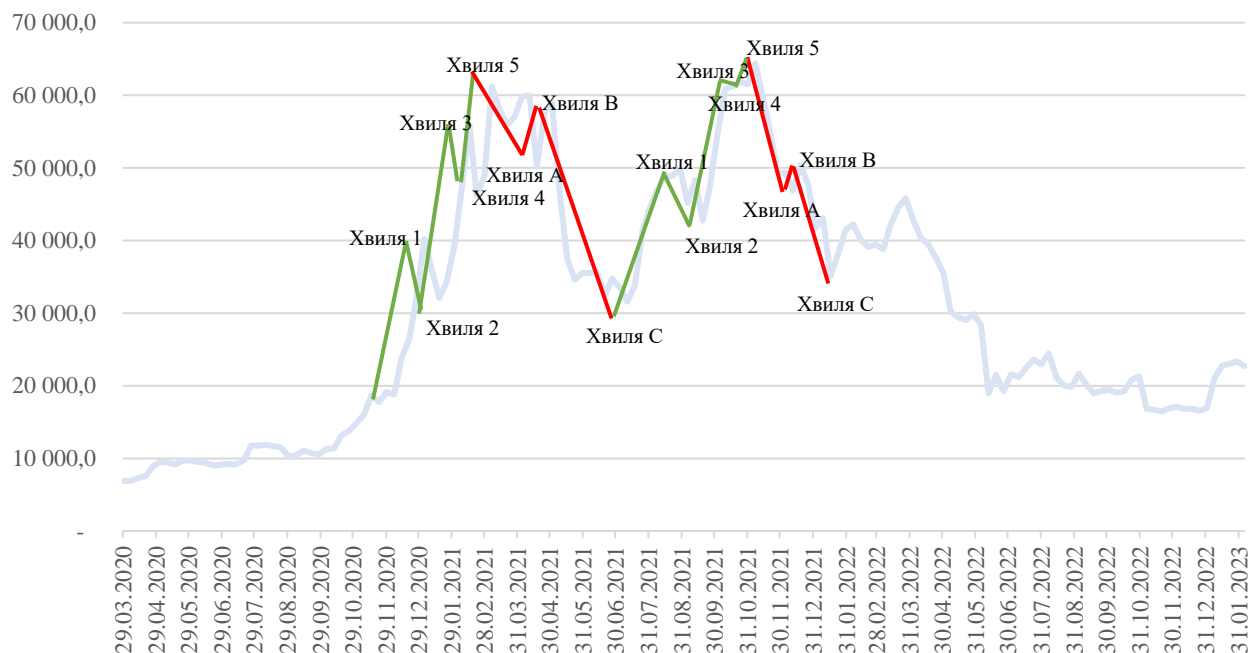


Рис. Г4. Накладення хвильового принципу Елліота на курс BTC/USD.

Джерело: побудовано автором на основі даних [12].

## Додаток Д

## База даних для моделювання

Доступ до повної бази даних за посиланням:

[https://drive.google.com/drive/folders/1PLAXRWMEkMN0A\\_w-3vxcvUTL-sx9ODVD?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1PLAXRWMEkMN0A_w-3vxcvUTL-sx9ODVD?usp=share_link).

Таблиця Д1

## Фрагмент помісячної бази даних

Date	AAPL	S&P	EUR_USD	BTC	...	...	...	...	...
01.01.2010	6,86	1 073,87	1,39		01.05.2022	148,84	4 132,15	1,07	31 793,40
01.02.2010	7,31	1 104,49	1,36		01.06.2022	136,72	3 785,38	1,05	19 926,60
01.03.2010	8,39	1 169,43	1,35		01.07.2022	162,51	4 130,29	1,02	23 303,40
01.04.2010	9,32	1 186,69	1,33		01.08.2022	157,22	3 955,00	1,01	20 043,90
01.05.2010	9,17	1 089,41	1,23		01.09.2022	138,20	3 585,62	0,98	19 423,00
01.06.2010	8,98	1 030,71	1,22		01.10.2022	153,34	3 871,98	0,99	20 496,30
01.07.2010	9,19	1 101,60	1,30		01.11.2022	148,03	4 080,11	1,04	17 163,90
01.08.2010	8,68	1 049,33	1,27	0,10	01.12.2022	129,93	3 839,50	1,07	16 537,40
01.09.2010	10,13	1 141,20	1,36	0,10	01.01.2023	144,29	4 076,60	1,09	23 125,10
01.10.2010	10,75	1 183,26	1,40	0,20	01.02.2023	147,41	3 970,15	1,06	23 130,50
01.11.2010	11,11	1 180,55	1,30	0,20	01.03.2023	160,77	4 027,81	1,08	28 445,50
01.12.2010	11,52	1 257,64	1,34	0,30	01.06.2022	136,72	3 785,38	1,05	19 926,60
01.01.2011	12,12	1 286,12	1,37	0,50	01.07.2022	162,51	4 130,29	1,02	23 303,40
01.02.2011	12,61	1 327,22	1,38	0,90	01.08.2022	157,22	3 955,00	1,01	20 043,90
01.03.2011	12,45	1 325,83	1,42	0,80	01.09.2022	138,20	3 585,62	0,98	19 423,00
01.04.2011	12,50	1 363,61	1,48	3,50	01.10.2022	153,34	3 871,98	0,99	20 496,30
01.05.2011	12,42	1 345,20	1,44	8,70	01.11.2022	148,03	4 080,11	1,04	17 163,90
01.06.2011	11,99	1 320,64	1,45	16,10	01.12.2022	129,93	3 839,50	1,07	16 537,40
01.07.2011	13,95	1 292,28	1,44	13,40	01.01.2023	144,29	4 076,60	1,09	23 125,10
01.08.2011	13,74	1 218,89	1,44	8,20	01.02.2023	147,41	3 970,15	1,06	23 130,50
01.11.2010	11,11	1 180,55	1,30	0,20	01.03.2023	160,77	4 027,81	1,08	28 445,50
01.12.2010	11,52	1 257,64	1,34	0,30	01.06.2022	136,72	3 785,38	1,05	19 926,60
01.01.2011	12,12	1 286,12	1,37	0,50	01.07.2022	162,51	4 130,29	1,02	23 303,40
01.02.2011	12,61	1 327,22	1,38	0,90	01.08.2022	157,22	3 955,00	1,01	20 043,90
01.03.2011	12,45	1 325,83	1,42	0,80	01.09.2022	138,20	3 585,62	0,98	19 423,00
01.04.2011	12,50	1 363,61	1,48	3,50	01.10.2022	153,34	3 871,98	0,99	20 496,30
01.05.2011	12,42	1 345,20	1,44	8,70	01.11.2022	148,03	4 080,11	1,04	17 163,90
01.06.2011	11,99	1 320,64	1,45	16,10	01.12.2022	129,93	3 839,50	1,07	16 537,40
01.07.2011	13,95	1 292,28	1,44	13,40	01.01.2023	144,29	4 076,60	1,09	23 125,10
01.08.2011	13,74	1 218,89	1,44	8,20	01.02.2023	147,41	3 970,15	1,06	23 130,50
01.11.2010	11,11	1 180,55	1,30	0,20	01.03.2023	160,77	4 027,81	1,08	28 445,50

Джерело: складено автором за [12].

## Фрагмент потижневої бази даних

Date	AAPL	S&P	EUR_USD	BTC	...	...	...	...	...
03.01.2010	7,57	1 144,98	1,44		19.06.2022	141,66	3 911,74	1,06	21 489,90
10.01.2010	7,35	1 136,03	1,44		26.06.2022	138,93	3 825,33	1,04	19 243,20
17.01.2010	7,06	1 091,76	1,41		03.07.2022	147,04	3 899,38	1,02	21 587,50
24.01.2010	6,86	1 073,87	1,39		10.07.2022	150,17	3 863,16	1,01	21 209,90
31.01.2010	6,98	1 066,19	1,37		17.07.2022	154,09	3 961,63	1,02	22 460,40
07.02.2010	7,16	1 075,51	1,36		24.07.2022	162,51	4 130,29	1,02	23 634,20
14.02.2010	7,20	1 109,17	1,36		31.07.2022	165,35	4 145,19	1,02	22 944,20
21.02.2010	7,31	1 104,49	1,36		07.08.2022	172,10	4 280,15	1,03	24 442,50
28.02.2010	7,82	1 138,70	1,36		14.08.2022	171,52	4 228,48	1,00	21 138,90
07.03.2010	8,09	1 149,99	1,38		21.08.2022	163,62	4 057,66	1,00	20 033,90
14.03.2010	7,94	1 159,90	1,35		28.08.2022	155,81	3 924,26	1,00	19 831,40
21.03.2010	8,25	1 166,59	1,34		04.09.2022	157,37	4 067,36	1,00	21 650,40
28.03.2010	8,43	1 178,10	1,35		11.09.2022	150,70	3 873,33	1,00	20 113,50
04.04.2010	8,64	1 194,37	1,35		18.09.2022	150,43	3 693,23	0,97	18 925,20
11.04.2010	8,84	1 192,13	1,35		25.09.2022	138,20	3 585,62	0,98	19 311,90
18.04.2010	9,67	1 217,28	1,34		02.10.2022	140,09	3 639,66	0,97	19 415,00
25.04.2010	9,32	1 186,69	1,33		09.10.2022	138,38	3 583,07	0,97	19 068,70
02.05.2010	8,42	1 110,88	1,28		16.10.2022	147,27	3 752,75	0,99	19 204,80
09.05.2010	9,06	1 135,68	1,24		23.10.2022	155,74	3 901,06	1,00	20 809,80
16.05.2010	8,65	1 087,69	1,26		30.10.2022	138,38	3 770,55	1,00	21 301,60
23.05.2010	9,17	1 089,41	1,23		06.11.2022	149,70	3 992,93	1,04	16 795,20
30.05.2010	9,14	1 064,88	1,20		13.11.2022	151,29	3 965,34	1,03	16 699,20
06.06.2010	9,05	1 091,60	1,21		20.11.2022	148,11	4 026,12	1,04	16 456,50
13.06.2010	9,79	1 117,51	1,24		27.11.2022	147,81	4 071,70	1,05	16 884,50
20.06.2010	9,52	1 076,76	1,24		04.12.2022	142,16	3 934,38	1,05	17 127,20
27.06.2010	8,82	1 022,58	1,26		11.12.2022	134,51	3 852,36	1,06	16 777,10
04.07.2010	9,27	1 077,96	1,26		18.12.2022	131,86	3 844,82	1,06	16 837,20
11.07.2010	8,92	1 064,88	1,29		25.12.2022	129,93	3 839,50	1,07	16 537,40
18.07.2010	9,28	1 102,66	1,29	0,10	01.01.2023	129,62	3 895,08	1,06	16 943,60
25.07.2010	9,19	1 101,60	1,30	0,10	08.01.2023	134,76	3 999,09	1,08	20 958,20
01.08.2010	9,29	1 121,64	1,33	0,10	15.01.2023	137,87	3 972,61	1,09	22 775,70
08.08.2010	8,90	1 079,25	1,28	0,10	22.01.2023	145,93	4 070,56	1,09	23 027,90
15.08.2010	8,92	1 071,69	1,27	0,10	29.01.2023	154,50	4 136,48	1,08	23 323,80
22.08.2010	8,63	1 064,59	1,28	0,10	05.02.2023	151,01	4 090,46	1,07	21 859,80
29.08.2010	9,24	1 104,51	1,29	0,10	12.02.2023	152,55	4 079,09	1,07	24 631,40
05.09.2010	9,41	1 109,55	1,27	0,10	19.02.2023	146,71	3 970,04	1,05	23 166,10
12.09.2010	9,83	1 125,59	1,30	0,10	26.02.2023	151,03	4 045,64	1,06	22 347,10
19.09.2010	10,44	1 148,67	1,35	0,10	05.03.2023	148,50	3 861,59	1,06	20 467,50
26.09.2010	10,09	1 146,24	1,38	0,10	12.03.2023	155,00	3 916,64	1,07	26 914,10
03.10.2010	10,50	1 165,15	1,39	0,10	19.03.2023	160,25	3 970,99	1,08	27 475,60
10.10.2010	11,24	1 176,19	1,40	0,10	26.03.2023	160,77	4 027,81	1,08	28 445,50

Джерело: складено автором за [12].

## Фрагмент бази даних за днями

Date	AAPL	S&P	EUR_USD	BTC	...	...	...	...	...
01.01.2010			1,43		16.02.2023	153,71	4 090,41	1,07	23 539,60
02.01.2010					17.02.2023	152,55	4 079,09	1,07	24 573,50
03.01.2010					18.02.2023				24 631,40
04.01.2010	7,64	1 132,99	1,44		19.02.2023				24 302,90
05.01.2010	7,66	1 136,52	1,44		20.02.2023			1,07	24 839,50
06.01.2010	7,53	1 137,14	1,44		21.02.2023	148,48	3 997,34	1,06	24 450,70
07.01.2010	7,52	1 141,69	1,43		22.02.2023	148,91	3 991,05	1,06	24 186,60
08.01.2010	7,57	1 144,98	1,44		23.02.2023	149,40	4 012,32	1,06	23 936,30
09.01.2010					24.02.2023	146,71	3 970,04	1,05	23 191,50
10.01.2010					25.02.2023				23 166,10
11.01.2010	7,50	1 146,98	1,45		26.02.2023				23 558,70
12.01.2010	7,42	1 136,22	1,45		27.02.2023	147,92	3 982,24	1,06	23 494,10
13.01.2010	7,52	1 145,68	1,45		28.02.2023	147,41	3 970,15	1,06	23 130,50
14.01.2010	7,48	1 148,46	1,45		01.03.2023	145,31	3 951,39	1,07	23 642,20
15.01.2010	7,35	1 136,03	1,44		02.03.2023	145,91	3 981,35	1,06	23 465,40
16.01.2010					03.03.2023	151,03	4 045,64	1,06	22 354,40
17.01.2010					04.03.2023				22 347,10
18.01.2010			1,44		05.03.2023				22 428,30
19.01.2010	7,68	1 150,23	1,43		06.03.2023	153,83	4 048,42	1,07	22 410,00
20.01.2010	7,56	1 138,04	1,41		07.03.2023	151,60	3 986,37	1,05	22 197,80
21.01.2010	7,43	1 116,48	1,41		08.03.2023	152,87	3 992,01	1,05	21 710,80
22.01.2010	7,06	1 091,76	1,41		09.03.2023	150,59	3 918,32	1,06	20 361,80
23.01.2010					10.03.2023	148,50	3 861,59	1,06	20 156,70
24.01.2010					11.03.2023				20 467,50
25.01.2010	7,25	1 096,78	1,42		12.03.2023				21 994,80
26.01.2010	7,35	1 092,17	1,41		13.03.2023	150,47	3 855,76	1,07	24 114,40
27.01.2010	7,42	1 097,50	1,40		14.03.2023	152,59	3 920,56	1,07	24 699,70
28.01.2010	7,12	1 084,53	1,40		15.03.2023	152,99	3 891,93	1,06	24 282,70
29.01.2010	6,86	1 073,87	1,39		16.03.2023	155,85	3 960,28	1,06	25 004,10
30.01.2010					17.03.2023	155,00	3 916,64	1,07	27 391,80
31.01.2010					18.03.2023				26 914,50
01.02.2010	6,95	1 089,19	1,39		19.03.2023				27 958,70
02.02.2010	6,99	1 103,32	1,40		20.03.2023	157,40	3 951,57	1,07	27 720,50
03.02.2010	7,12	1 097,28	1,39		21.03.2023	159,28	4 002,87	1,08	28 114,00
04.02.2010	6,86	1 063,11	1,37		22.03.2023	157,83	3 936,97	1,09	27 261,70
05.02.2010	6,98	1 066,19	1,37		23.03.2023	158,93	3 948,72	1,08	28 310,70
06.02.2010					24.03.2023	160,25	3 970,99	1,08	27 462,20
07.02.2010					25.03.2023				27 475,60
08.02.2010	6,93	1 056,74	1,37		26.03.2023				27 973,50
09.02.2010	7,01	1 070,52	1,38		27.03.2023	158,28	3 977,53	1,08	27 129,80
10.02.2010	6,97	1 068,13	1,37		28.03.2023	157,65	3 971,27	1,08	27 262,20

Джерело: складено автором за [12].

## Програмний код моделі

Повний код моделі розміщений за посиланням:

[https://colab.research.google.com/drive/16w\\_vt8qcHWeErZdcDfXI6ZaFqEtHcDX0?usp=sharing](https://colab.research.google.com/drive/16w_vt8qcHWeErZdcDfXI6ZaFqEtHcDX0?usp=sharing)

```
#завантаження необхідних бібліотек
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.neural_network import MLPRegressor
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.model_selection import RandomizedSearchCV
from sklearn.metrics import mean_squared_error

#завантаження бази даних
database_month = pd.read_excel('/content/Hubska_diplom_database.xlsx', sheet_name='Month')
database_week = pd.read_excel('/content/Hubska_diplom_database.xlsx', sheet_name='Week')
database_day = pd.read_excel('/content/Hubska_diplom_database.xlsx', sheet_name='Day')

#створення бази правил принципу Елліота
database_rules = pd.read_excel('/content/Hubska_diplom_database.xlsx', sheet_name='Rules data')
database_train=database_rules.iloc[:, :9]

#функція адаптації правил під аналізований показник
def rules_on_real(point1, point2):
    database_train['x1']=point1
    database_train['x2']=point2
    database_train['x3']=database_train['x2']-(database_train['x2']-database_train['x1'])*database_rules['x3']
    database_train['x4']=database_train['x3']+(database_train['x2']-database_train['x1'])*database_rules['x4']
    database_train['x5']=database_train['x4']-(database_train['x4']-database_train['x3'])*database_rules['x5']
    database_train['x6']=database_train['x5']+(database_train['x5']-database_train['x4'])*database_rules['x6']
    database_train['x7']=database_train['x6']-(database_train['x6']-database_train['x5'])*database_rules['x7']
    database_train['x8']=database_train['x7']+(database_train['x7']-database_train['x6'])*database_rules['x8']
    database_train['y']=database_train['x8']-(database_train['x7']-database_train['x6'])*database_rules['y']
```

```

return database_train

#поділ вибірки на тренувальну та тестову
def test_train(database_train):
    X = database_train.iloc[:, :8]
    y = database_train.iloc[:, 8:9]
    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, r
andom_state=1)

#базова нейронна мережа
base_model = MLPRegressor()

#навчання моделі
def model_train(database, base_model):
    check_base=pd.DataFrame(columns=['MSE_train', 'MSE_test', 'Diff_train', 'D
iff_test'])
    for i in range(len(database)-8, len(database)-1):
        database_train=rules_on_real(database[i], database[i])
        X = database_train.iloc[:, :8]
        y = database_train.iloc[:, 8:9]
        X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=1)
        base_model.fit(X_train, y_train.values.ravel())

#перевірка якості моделі
    check_base=check_base.append({'MSE_train' :mean_squared_error(y_train, b
ase_model.predict(X_train)), 'MSE_test' :mean_squared_error(y_test, base_mod
el.predict(X_test)),
                                'Diff_train' : np.sum(y_train.to_numpy()-
base_model.predict(X_train))/len(y_train),
                                'Diff_test' : np.sum(y_test.to_numpy()-
base_model.predict(X_test))/len(y_test)}, ignore_index=True)

    print('MSE_train: ', check_base['MSE_train'].sum())
    print('MSE_test: ', check_base['MSE_test'].sum())
    print('Diff_train: ', check_base['Diff_train'].sum())
    print('Diff_test: ', check_base['Diff_test'].sum())

#підготовка бази даних та моделювання

print('APPL month: \n')
database=database_month.iloc[:, 1].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('S&P month: \n')
database=database_month.iloc[:, 2].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('EUR_USD month: \n')

```

```

database=database_month.iloc[:,3].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('BTC month: \n')
database=database_month.iloc[:,4].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('APPL week: \n')
database=database_week.iloc[:,1].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('S&P week: \n')
database=database_week.iloc[:,2].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('EUR_USD week: \n')
database=database_week.iloc[:,3].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('BTC week: \n')
database=database_week.iloc[:,4].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('APPL day: \n')
database=database_day.iloc[:,1].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('S&P day: \n')
database=database_day.iloc[:,2].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('EUR_USD day: \n')
database=database_day.iloc[:,3].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

print('BTC day: \n')
database=database_day.iloc[:,4].dropna().reset_index(drop=True)
model_train(database, base_model)

#Підбір параметрів для налаштування моделі

hidden_layer_sizes = [int(x) for x in np.linspace(start = 50, stop = 150, num = 10)]
activation = ['identity', 'logistic', 'relu']
solver=['adam', 'sgd']
batch_size = [int(x) for x in np.linspace(start = 10, stop = 1000, num = 10)]
max_iter = [int(x) for x in np.linspace(start = 50, stop = 200, num = 10)]
early_stopping = [True, False]
param_dist = {'hidden_layer_sizes': hidden_layer_sizes,

```

```

'activation': activation,
'solver': solver,
'batch_size': batch_size,
'max_iter': max_iter,
'early_stopping': early_stopping}

model = MLPRegressor()

#навчання моделі
def model_train_best(database, rs):
    for i in range(len(database)-8, len(database)-1):
        database_train=rules_on_real(database[i],database[i])
        X = database_train.iloc[:, :8]
        y = database_train.iloc[:, 8:9]
        X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=1)
        rs.fit(X_train, y_train)
        print(rs.best_params_)

rs = RandomizedSearchCV(base_model, param_dist)

print('APPL month: \n')
database=database_month.iloc[:,1].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)

print('S&P month: \n')
database=database_month.iloc[:,2].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)

print('EUR_USD month: \n')
database=database_month.iloc[:,3].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)

print('BTC month: \n')
database=database_month.iloc[:,4].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)

print('APPL week: \n')
database=database_week.iloc[:,1].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)

print('S&P week: \n')
database=database_week.iloc[:,2].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)

print('EUR_USD week: \n')
database=database_week.iloc[:,3].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)

```

```
print('BTC week: \n')
database=database_week.iloc[:,4].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)
```

```
print('APPL day: \n')
database=database_day.iloc[:,1].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)
```

```
print('S&P day: \n')
database=database_day.iloc[:,2].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)
```

```
print('EUR_USD day: \n')
database=database_day.iloc[:,3].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)
```

```
print('BTC day: \n')
database=database_day.iloc[:,4].dropna().reset_index(drop=True)
model_train_best(database, rs)
```

## Календарний план виконання кваліфікаційної роботи магістра

№	Етапи роботи	Терміни виконання	Відмітка керівника про виконання
1	Вибір теми кваліфікаційної роботи магістра	04.10.2022 р.	
2	Розробка та затвердження завдання кваліфікаційної роботи магістра	25.10.2022 р.	
3	Збір та опрацювання теоретичної бази для кваліфікаційної роботи	30.12.2022 р.	
4	Підготовка теоретичного розділу 1	27.01.2023 р.	
5	Підготовка розділу 2 про методологічний підхід до обрахунку показника	24.02.2023 р.	
6	Збір бази даних для проведення обрахунків	10.03.2023 р.	
7	Побудова моделі	24.03.2023 р.	
8	Проведення обрахунків	31.03.2023 р.	
9	Оформлення отриманих результатів моделювання у розділ 3	14.04.2023 р.	
10	Написання висновків	21.04.2023 р.	
11	Остаточне оформлення результатів	28.04.2023 р.	
12	Перевірка на плагіат	04.05.2023 р.	
13	Попередній захист роботи	11.05.2023 р.	
14	Рецензування	15.05.2023 р.	
15	Подача роботи на кафедрі	15.05.2023 р.	
16	Захист роботи	22.05.2023 р.	

Науковий керівник: Андрій СТАВИЦЬКИЙ \_\_\_\_\_  
(підпис)

Студент: Марина ГУБСЬКА  \_\_\_\_\_  
(підпис)

# Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Економічний факультет  
Кафедра економічної кібернетики

## ЗАВДАННЯ

### на кваліфікаційну роботу магістра


студентки 2 курсу спеціальності 051 «Економіка» ОПП «Економічна  
кібернетика»

Губської Марини Богданівни

1. Тема роботи: «Економіко-математичне моделювання показників фондових ринків на основі теорії хвиль».
2. Термін завершення роботи: 28.04.2023 р.
3. Попередній захист роботи: 11.05.2023 р.
4. Об'єкт дослідження: динаміка показників фондового ринку.
5. Предмет дослідження: теорії при прогнозування динаміки фондових ринків.
6. Мета дослідження: хвильові теорії для прогнозування динаміки фондових ринків.
7. Завдання дослідження:
  - 7.1. ознайомитися з теоретичними аспектами діяльності фондових ринків;
  - 7.2. проаналізувати використання теорії хвиль у моделюванні розвитку фондових ринків;
  - 7.3. здійснити прогноз динаміки окремих показників на фондовому ринку за допомогою теорії хвиль.

Науковий керівник: доктор економічних наук, професор Ставицький Андрій Володимирович

Андрій СТАВИЦЬКИЙ \_\_\_\_\_

Студент: Марина ГУБСЬКА  \_\_\_\_\_

Затверджено на засідання кафедри економічної кібернетики  
протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_ 2022 р.