

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

На правах рукопису

КРИЦУН КАТЕРИНА ІГОРІВНА

УДК 330.4:336.761

**ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ДИНАМІКИ ФІНАНСОВИХ ІНДИКАТОРІВ**

08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата економічних наук

Науковий керівник
Ляшенко Олена Ігорівна,
доктор економічних наук,
професор

Київ – 2016

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІНАНСОВИХ ІНДИКАТОРІВ.....	12
1.1 Фінансові індикатори як показники стану економіки.....	12
1.2 Фрактальна теорія ринку та гіпотеза ефективного ринку	24
1.3 Методи дослідження динаміки валютних курсів та фондових індексів як фінансових індикаторів.....	38
Висновок до розділу 1	54
РОЗДІЛ 2. ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФІНАНСОВИХ РЯДІВ.....	56
2.1 R/S аналіз. Виявлення фрактальних властивостей фінансових індикаторів	56
2.2 Мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій, як інструмент моніторингу кризових явищ.....	68
2.3 Дослідження динаміки фінансових індикаторів з використанням графічного та статистичного методів аналізу	88
Висновок до розділу 2	102
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ФІНАНСОВИХ ІНДИКАТОРІВ.....	104
3.1 Економетричне моделювання впливу макроекономічних факторів на динаміку котирування валютних курсів.....	104
3.2 Дослідження волатильності фінансових індикаторів та специфікація моделі сімейства GARCH.....	129
3.3 Моделювання взаємозв'язку та прогнозування динаміки фінансових індикаторів на основі VAR-моделі.....	149
Висновки до розділу 3	165
ВИСНОВКИ	168
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	170
ДОДАТКИ.....	192

ВСТУП

Актуальність теми. Економічні дослідження перейшли в нову фазу свого розвитку. Причиною такого переходу є ускладнення глобалізаційних процесів, що відбуваються у світовій економіці. Сучасними інструментами дослідження є методи нелінійної динаміки, а використання інформаційних технологій значно полегшують складні розрахунки, моделювання та прогнозування.

Завдяки розвитку науки та техніки за допомогою математичних методів та моделей можна відтворити процеси у різних сферах людської діяльності. Проте побудована модель не завжди може бути адекватною чи описувати явища та процеси повною мірою. Це пов'язано із тим, що кожне явище чи процес має свою специфіку перебігу, а також тісноту чи глибину зв'язків, які важко відобразити математично. Крім того не завжди можна отримати повну та достовірну інформацію, яку можна використати для побудови моделі. Тому зазвичай певний процес чи явище описується лише частково, за певних умов. Це призводить до того, що модель є неповною і у випадках, коли задані умови не виконуються, модель стає непридатною для застосування.

Фінансові ринки зазвичай аналізуються за допомогою лінійних моделей, які не спроможні відобразити хаотичні зміни, що часом відбуваються у фінансово-економічних системах. Саме тому варто застосовувати методи нелінійної динаміки, які дають можливість описувати аномальні процеси та явища в момент їх настання.

Значна кількість реальних динамічних явищ та процесів складно описати у вигляді диференціальних рівнянь. Велику кількість природніх систем, поведінка яких сприймається як хаотична, об'єднює одна властивість – самоподібність, або іншими словами фрактальність.

Часові ряди все частіше характеризуються фрактальними властивостями, що дає можливість досліджувати та виявляти зміни та точки біфуркацій, що призводять до виникнення кризових явищ у різних системах. А

тому розробка комплексу економіко-математичних моделей, що включають у себе як економетричні так і нелінійні методи моделювання є найактуальнішою задачею.

Актуальність дослідження. За допомогою моделювання та аналізу фінансових індикаторів фінансових ринків, країна зможе впроваджувати заходи та інструменти регулювання з метою стабілізації стану економіки на основі отриманих результатів. Стабільний розвиток сприятиме залученню інвестицій, що у свою чергу надаватиме можливість розвиватись економіці держави і помітно буде позначатись на динаміці фінансових індикаторів. Для того, щоб Україна перейшла у фазу економічного зростання, необхідно, щоб фінансовий ринок функціонував і розвивався. Сильний фінансовий ринок забезпечуватиме розвиток реального сектору економіки завдяки залученим та перерозподіленим фінансовим ресурсам.

Зростання кількості фінансових криз та зростання невизначеності, зменшення довіри учасників фінансового ринку зумовлює інтерес у науковців щодо дослідження та розробки комплексу методів та моделей, які здатні сигналізувати про зміни та відстежувати їх. Такий комплекс допоможе суб'єктам ринкової економіки, так і державним установам у розробці та впровадженні методів регулювання фінансової політики з метою стабілізації стану економіки.

Моніторинг, аналіз, дослідження та моделювання динаміки фінансових індикаторів сприятимуть вдосконаленню фінансово-грошової політики держави, торгівлі на фінансовому ринку, формуванню інвестиційного портфелю, пом'якшенню наслідків негативних явищ.

Вирішенню цих питань присвячено багато робіт економістів, науковців, проте недостатньо досліджено окремі аспекти фінансових ринків України та Європи. Вибір теми дисертаційної роботи обумовлено недостатнім висвітленням проблеми.

Значний внесок у дослідження та моделювання фінансових індикаторів, фінансових криз, впливу макроекономічних факторів на

фінансові ринки зробили такі вітчизняні вчені: Базилевич В.Д., Буртняк І.В., Вірченко В.В., Вітлінський В.В., Геєць В.М., Гражевська Н.І., Грищенко Т.В., Гур'янова Л.С., Делас В.А., Дербенцев В.Д., Івахненко І. С., Камінський А.Б., Клебанова Т.С., Ковальчук К.Ф., Кравець Т.В., Лук'яненко І.Г., Ляшенко О.І., Максишко Н.К., Мезенцев О.М., Меркулова Т.В., Рак Р.В, Сердюк О.А., Скрипниченко М.І., Соловійов В.М., Ставицький А.В., Черкашина К.Ф., Черняк О.І., Шарапов О.Д., Шелудько В.М., а також іноземні – Бойд Р., Дука Г., Енгстед Т., Кіндлбергер Ч., Мандельброт Б., Петерс Е., Сорнет Д.

Сучасний стан зазначеної проблеми, необхідність розробки комплексу економіко-математичних моделей динаміки фінансових індикаторів зумовили вибір теми, мети та завдань дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота у частині моделювання динаміки фінансових індикаторів є складовою науково-дослідних робіт економічного факультету та кафедри економічної кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка: № 11БФ040-01 «Модернізація економіки України на засадах сталого соціально-економічного розвитку: закономірності, протиріччя, ризику» (реєстраційний номер 0111U006456), № 16БФ040-01 «Макроекономічна стратегія реалізації європейського вектору економічного розвитку України: концептуальні засади, виклики, протиріччя» (реєстраційний номер 0116U004822), № 16КФ040-03 «Міграція та макроекономічний розвиток в країнах Східноєвропейського партнерства: необхідні реформи», № 16КФ040-04 «Оцінка стабільності національної безпеки: нові рамки для аналізу».

Дисертаційна робота виконувалась відповідно до паспорту спеціальності 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці за такими напрямками досліджень:

- 1) прогнозування тенденцій і показників розвитку економічних систем і процесів;

- 2) математичні моделі економічної динаміки; аналіз, оцінка, моделювання та оптимізація ризику в економіці;
- 3) моделі, методи та інформаційні технології функціонування систем моніторингу в економіці;
- 4) моделювання в окремих сферах суспільної діяльності;
- 5) системний аналіз економічних процесів.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є теоретичне обґрунтування і побудова комплексу економіко-математичних моделей динаміки фінансових індикаторів, підтвердження нелінійності динаміки фондового та валютного ринків через виявлення фрактальних властивостей часових рядів, а також перевірка гіпотези фрактальності фондового ринку.

Для досягнення поставленої мети були вирішені такі завдання:

- 1) дослідити теоретичні аспекти та економічну сутність фінансових індикаторів;
- 2) проаналізувати динаміку фінансових ринків та підтвердити її нелінійний характер, дослідити моно- та мультифрактальні властивості динаміки фондових індексів;
- 3) провести детальний аналіз та визначити економіко-математичний інструментарій щодо моделювання динаміки фінансових індикаторів;
- 4) розробити комплекс динамічних економіко-математичних моделей моніторингу передкризових станів за допомогою економетричного моделювання волатильності фінансових індикаторів, враховуючи передкризовий, кризовий та післякризовий періоди;
- 5) розробити концептуальну схему використання комплексу економіко-математичних моделей динаміки фінансових індикаторів;
- 6) на основі розроблених моделей дослідити вплив шоків на волатильність фінансових часових рядів.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дисертаційного дослідження є динаміка фінансових індикаторів.

Предмет дослідження – економіко-математичні моделі динаміки фінансових індикаторів.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених у дисертації завдань застосовувались такі загальнонаукові методи: історичний, структурний, системний, використання яких дозволило здійснити аналіз фінансових часових рядів та виділити фінансові індикатори в системі фінансових показників (розділ 1). Під час аналізу динаміки фінансових індикаторів застосовано нелінійні методи дослідження, зокрема методи фрактального аналізу (розділ 2). При побудові економіко-математичних моделей динаміки застосовувались економетричні моделі векторної авторегресії (VAR-моделі), узагальнені авторегресійні моделі умовної гетероскедастичності (GARCH-моделі) (розділ 3).

Інформаційну базу дисертаційної роботи складають результати дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених, що присвятили свої наукові праці вирішенню питання дослідження фінансових часових рядів, також теорії та практики економіко-математичного моделювання, статистичні та аналітичні дані Національного Банку України, Державного комітету статистики України, Міністерства фінансів України, Міністерства економічного розвитку і торгівлі України, Національної Комісії з Цінних Паперів та Фондового Ринку, Google Finance, Yahoo Finance, а також звітно-аналітичні матеріали Міжнародного валютного фонду (МВФ), Світового банку, Європейського центрального банку, Федеральної резервної системи США, інших міжнародних фінансових організацій та центральних банків світу.

Аналіз даних, часових рядів, а також процес моделювання проведено з використанням комп'ютерного програмного забезпечення Microsoft Excel 2013, R-Studio 0.99.903, Gretl 2016c, Eviews 9.5 Student Light Version, SpectrAnalyzer.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні положення дисертаційної роботи, що визначають елементи її наукової новизни, полягають у наступному:

вперше:

- побудовано комплекс економіко-математичних моделей аналізу та прогнозування динаміки фінансових індикаторів на основі теоретичних та практичних положень та методів дослідження фінансових часових рядів з використанням нелінійного та економетричного інструментарію; розроблено концептуальну схему використання даного комплексу моделей, що дозволяє здійснювати моніторинг стану фінансового ринку з метою виявлення передкризових та кризових станів, а також моделювати волатильність часових рядів в умовах його стабільного функціонування;

удосконалено:

- методи та підходи до аналізу, моделювання фінансових часових рядів та інтерпретації результатів дослідження, що дозволяє попередньо обрати найкращу форму специфікації моделі серед існуючих моделей прогнозування волатильності фінансових індикаторів та вдосконалювати її в процесі тестування якості;
- понятійний апарат визначення «фінансовий індикатор», який на відміну від існуючих, розглядається як показник стану економіки країни чи фінансового ринку на основі динаміки фондового індексу або валютного курсу.

набули подальшого розвитку:

- теоретико-методологічні аспекти застосування нелінійних методів дослідження фінансових часових рядів, зокрема мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій, для аналізу ситуації на фондовому ринку та виявлення аномальних передкризових станів, а також для визначення фрактальних властивостей фінансових індикаторів, що на відміну від існуючих, дозволяють аналізувати динаміку фінансових

часових рядів на основі ширини спектру сингулярності часового ряду, графічне відображення якого надає чітке представлення ситуації на фондовому ринку;

- підходи до дослідження волатильності фінансових індикаторів, які ґрунтуються на дослідженні каузальності, імпульсних реакцій на збурення при використанні методики векторного авторегресійного моделювання;
- модельний інструментарій для дослідження та прогнозування волатильності дохідності фінансових індикаторів та визначення міри ризику на фінансових ринках, що дало змогу обрати найкращу модель прогнозування волатильності з урахуванням асиметрії даних на фондовому ринку з розширеною інтерпретацією отриманих результатів.

Практичне значення одержаних результатів. Наукові положення, висновки та комплекс економіко-математичних моделей динаміки фінансових індикаторів, концептуальна схема запропонованого комплексу, можуть бути використані як державними органами при формуванні політики держави, інвестиційними організаціями та індивідуальними інвесторами при формуванні інвестиційного портфелю та трейдерами ринку для вибору стратегії інвестування.

Запропоновані рекомендації дозволять відновити розвиток та зростання фондового ринку України на основі адаптації та реалізації досвіду Польщі.

Результати дисертаційного дослідження були використані у роботі ПАТ АБ «Укргазбанку» при розробці практичних заходів формування інвестиційної політики банку (довідка №551-03/01-46 від 11.03.2016).

Розроблені в процесі наукового дослідження концептуальна схема та економіко-математичний комплекс моделей були використані у роботі ТОВ «ПРОСТОКАПІТАЛГРУП» для аналізу та дослідження динаміки фондових індексів (довідка вих. № 02/1-015 від 10.03.2016).

Комплекс моделей та інструментів вивчення фінансових часових рядів та інтерпретації отриманих результатів, що отримані протягом дисертаційного

дослідження були впроваджені у роботі ТОВ «Фінансова компанія «Декра», зокрема моніторинг фрактальної структури фінансових індикаторів, таких як фондові індекси та валютні часові ряди (довідка вих. 21/16 від 14.03.16).

Основні положення та результати дисертації були впроваджені у навчальний процес у навчальний процес і використовувалися при розробці та проведенні лекцій і практичних занять для студентів спеціальності 6.030502 – економічна кібернетика економічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка з курсу «Аналіз фондових ринків» при викладанні тем «Моделювання та аналіз динаміки фондових індексів, як фінансових індикаторів» (довідка вих. № 013/582 від 30.09.2016 р).

Особистий внесок здобувача.

Дисертація є самостійною науковою працею, в якій висвітлені власні ідеї та розробки автора, що дозволили вирішити поставлені завдання. Робота містить теоретичні та методичні положення і висновки, сформульовані дисертанткою особисто. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові теоретичні та методологічні положення, результати дисертаційної роботи обговорювались на засіданнях кафедри економічної кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка та були апробовані автором у доповідях на 5 наукових та науково-практичних конференціях, зокрема: The 15th Doctoral Annual Conference of the Faculty of Finance and Accounting, University of Economics (6 червня 2014, м. Прага, Чехія); III Міжнародній науково-практичній конференції "Економіка, управління, фінанси: теорія і практика" (09-10 жовтня 2015 р., Вінниця); Економічній науковій інтернет конференції «Сучасний стан економіки: проблеми та перспективи розвитку» (7 жовтня 2015 р., Тернопіль); II Міжнародній конференції «Глобальні виклики для навколишнього середовища і ресурсної економіки в країнах Центральної та

Східної Європи: безпека та сталий розвиток (GCERECSEEC'2014)» (9-11 жовтня 2014 р., м. Київ).

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 15 наукових праць загальним обсягом 4,98 д.а. (з них 3,88 д.а. належать особисто автору), зокрема, 10 наукових статей (4,66 д. а., з них 3,56 д. а. належать особисто автору), у тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях України (з них 8 статей у виданнях, що входять до наукометричних баз даних) та 2 – в іноземних наукових виданнях, 5 публікацій за матеріалами конференцій.

Обсяг і структура роботи. Відповідно до логіки дослідження, а також кола визначених проблем дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 190 найменувань. Вона викладена на 165 сторінках машинописного тексту. Текст дисертації містить 72 рисунки, 42 таблиці та 3 додатки.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІНАНСОВИХ ІНДИКАТОРІВ

1.1 Фінансові індикатори як показники стану економіки

Аналіз часових рядів є важливим напрямом дослідження, за допомогою якого можна спостерігати як змінюється розвиток економічних чи фінансових систем із плином часу та за яких умов відбуваються зміни, їх характер та наслідки.

Часові ряди за своєю суттю можуть бути моментними чи агрегованими. Проводити дослідження над фондовими індексами та котируванням валютного курсу можна як у випадку моментних часових рядів, так і агрегованих.

Перед вивченням часового ряду необхідно враховувати і довжину спостережень досліджуваних часових рядів. Як правило, для достовірності отриманих результатів, для аналізу часових рядів варто брати не менше п'ятдесяти спостережень.

Дослідження часових рядів дозволяє виявляти, вивчати закономірності та особливості взаємозв'язків між фінансовими часовими рядами та макроекономічними факторами. Це дає змогу прогнозувати майбутню динаміку фінансових рядів. Прогнозування дає можливість розробити сценарії розвитку системи.

Assidenou K. [134] досліджує властивості коінтеграції основних фінансових часових рядів впродовж 2008 та 2009 років, в момент настання кризи. Результати досліджень вказують на те, що в період кризи азійські фондові ринки є коінтегрованими.

Дослідженням взаємовпливу між фондовим та валютним ринком займається Su J. [189] за допомогою моделей EGARCH та Value-at-Risk.

Jung C. та Boyd R. [177] прогнозують ціни акцій на Британському фондовому ринку за допомогою моделі векторної авторегресії, моделі корекції похибок та моделі фільтрування Калмана.

Engsted T. та Tanggaard C. [156] досліджують спільну динаміку руху фондових індексів Великобританії та США, а також вплив шоків на дохідність.

Caronale M. та Spagnolo N. [182] за допомогою VAR-GARCH моделі вивчають взаємозв'язок між фондовими ринками країн: Чехії, Угорщини та Польщі, а також Великобританії і Росії.

Г. Дука [152] зазначає, що в США рух цін акцій впливає на ВВП. Він досліджує динаміку ВВП та фондових індексів розвинутих країн світу. Результати вказують на те, що у довгостроковій перспективі ВВП та фондові індекси взаємозалежні та зберігають однакову тенденцію зміни динаміки впродовж тривалого часу. За допомогою теста Грейнджера Дука досліджує причинно-наслідковий зв'язок між ВВП та фондовим ринком у економічно розвинутих країнах. Результати його дослідження вказують на те, що динаміка ВВП не впливає на динаміку фондових індексів. Аналогічним чином виникла залежність між рядами даних Великобританії, де провідний фондовий індекс, зокрема індекс FTSE 100, впливає на динаміку ВВП. У свою чергу ВВП - це показник, який теж використовується як індикатор економічного стану країни, а також для виміру рівня економічного розвитку держави.

Зважаючи на взаємозв'язок між фондовим ринком та ВВП, фондові індекси можна використовувати як індикатори для аналізу та прогнозування стану економіки країни.

Дмитрусенко К. О. [32] використовує модель векторної авторегресії та корекції похибки для виявлення впливу світових фондових індексів на фондовий ринок України.

Ляшенко С. В. [80] досліджує взаємозв'язок між українським фондовим ринком та російським індексом ММВБ й американським індексом Доу Джонса.

Значна кількість робіт присвячена саме дослідженню взаємозв'язку між фондовим ринком та макроекономічними факторами чи іншими фінансовими ринками.

Проте, важливим є не тільки дослідження взаємозалежностей між фінансовими ринками, але й причин їх динаміки та кризових явищ. Саме тому Петерс Е. у своїй книзі «Хаос та порядок на ринках капіталу. Новий аналітичний погляд на цикли, ціни та мінливість ринку» [128] описав та проаналізував особливості фінансового ринку, проблеми прогнозування на ньому, а також застосування фрактального аналізу, нелінійної динаміки, теорії клітинних автоматів, нечіткої логіки та нейромереж у дослідженні розвитку та волатильності ринку капіталів.

Лукашин Ю. [69], здійснююче прогнозування нестационарних часових рядів зі стохастичним трендом, виявив, що найкраще використовувати адаптивні моделі прогнозування: моделі Тригга-Ліча-Шоуна (з адаптивними параметрами) та метод Бокса-Дженкінса.

Дослідженнями кризових явищ на фінансових ринках займається Кравець Т. [63] за допомогою вейвлет-аналізу досліджує тривалість та масштабність криз на фондовому ринку.

Ляшенко О. [62] досліджує за допомогою методів мультифрактального аналізу ефекти синхронізації на фондових ринках.

У своїх роботах Камінський А. [57] зосереджує основну увагу на дослідженні ризиків, що можливі на фінансових ринках.

Ставицький А. [105] зазначає, що для більш точного економіко-математичного прогнозування в умовах світової фінансово-економічної кризи слід враховувати важливий фактор впливу - політичний фактор.

Вітлінський В. [11] підкреслює, що існує потреба у застосуванні відповідного економіко-математичного інструментарію: топології, теорії нечітких множин, функціонального аналізу та залучення для дослідження інформаційних технологій. Це дозволить здійснити якісний та кількісний опис отриманої інформації про досліджувані об'єкти та процеси. За допомогою

вище перерахованого можна враховувати ентропію в даних, ефект синергізму, ризику, суб'єктивність у прийнятті рішень тощо, що забезпечить вищу якість та надійність побудованої моделі.

Brodin D. [144] досліджує вплив валюти як одного із чинників, що впливають на вартість акцій фірм на фондовому ринку.

Furstenberg G. та Jeon B. [164] для аналізу динаміки фондових індексів використовують технічний та фундаментальний аналіз.

Отже, дослідження динаміки фондових індексів як фінансових індикаторів, виявлення кризових явищ на фондових ринках, пошук взаємовпливу та залежностей між фінансово-економічними рядами є актуальним завданням для науковців та економістів.

Проте здійснюючи дослідження, автори не зазначають, що фондові індекси є фінансовими індикаторами. Поняття фінансових індикаторів, фінансових індексів та показників часто ототожнюється, що є не зовсім вірним. Тому виникає потреба у дослідженні поняття та сутності фінансового індикатора.

В економіці індикатором є кількісний показник, який вказує на динаміку певної економічної чи фінансової величини.

Економічні та фінансові індикатори використовуються державою для прийняття рішень та здійснення регулювання економіки шляхом впровадження інструментів впливу. Окрім індикаторів існує поняття «показник», що відрізняється від цілей, орієнтирів та інструментів. Орієнтирами для економічної політики держави можуть бути: високий рівень зайнятості, а також економічного зростання, низький та стабільний рівень інфляції, регулювання валютного курсу. Інструментами є параметри, які влада чи Національний банк можуть контролювати чи на котрі можуть впливати, наприклад, відсоткова чи податкова ставка, грошова маса в обігу. Показники використовують для прийняття рішення, тому що їх можна обчислити більш надійними способами, ніж цілі та орієнтири [1]

Ще одним фінансовим індикатором який варто досліджувати – це валютний курс.

Динаміка валютного курсу, як фінансового індикатору, залежить від попиту та пропозиції на ринку. У той же час попит та пропозиція валюти мають взаємозв'язок із іншими факторами. До таких фундаментальних факторів впливу відносять: стан торговельного і платіжного балансів, стан грошової системи, офіційні облікові ставки, темпи економічного зростання, рівень інфляції, обсяги золотовалютних резервів, зовнішню заборгованість, дефіцит державного бюджету, динаміку зайнятості (безробіття) і політичні фактори.

Наступними по важливості факторами впливу є: обсяги роздрібного товарообороту, житлового будівництва, темпи зростання промислового виробництва, динаміка цін виробників, виконання іноземною валютою функції грошей, портфель замовлень тощо.

Іншими факторами, що здатні впливати на валютний ринок є: індекси фондового ринку, попит на державні цінні папери, депозитні ставки, форвардні і ф'ючерсні курси національних валют. [29]

Розглянемо таблицю 1.1, де відображено отримані результати теоретичного аналізу макроекономічних факторів впливу на динаміку та формування ціни на валюту[29].

Таблиця 1.1

Класифікація курсоутворюючих факторів

Ревальвуючі фактори	Девальвуючі фактори
• процентні ставки	• грошова маса
• сальдо торгівельного балансу	• інфляція
• обсяг ВВП (ВНП)	• дефіцит бюджету
• споживчий попит	• рівень безробіття
	• зовнішньоторговельна квота
	• обсяг золотовалютних резервів

Джерело: [29]

До ревальвуючих факторів відносяться такі, що прямо пропорційно впливають на динаміку валютного курсу. До девальвуючих – обернено пропорційні, а до третьої групи – змішані фактори, їх вплив може змінюватись в залежності від економічної ситуації в країні.

З метою виявлення курсоутворюючих факторів І. Дернова [29] проаналізувала взаємозв'язок динаміки фундаментальних факторів і валютного курсу гривні за 2012-2015 рр. ($Y1$ – пара грн./долар США, $Y2$ – пара грн./євро). Фундаментальні фактори представлені такими макроекономічними показниками:

$x1$ – сальдо експорту-імпорту товарів і послуг, млн. доларів США;

$x2$ – грошова маса (агрегат $M3$), млн. грн.;

$x3$ – облікова ставка НБУ, %;

$x4$ – обсяги продажу державних цінних паперів на первинному ринку, тис. штук;

$x5$ – гроші поза банками (агрегат $M0$), млн. грн.;

$x6$ – дефіцит зведеного бюджету, у % до ВВП;

$x7$ – інвестиції в основний капітал, млн. грн.;

$x8$ – зовнішній борг (прямий та гарантований), млрд. доларів США;

$x9$ – золотовалютні резерви НБУ, млн. доларів США;

$x10$ – швидкість обертання грошової маси, кількість обертів;

$x11$ – індекс споживчих цін, %.

Щільність зв'язку між цими факторами і валютними курсами гривні представлено у вигляді кореляційної матриці (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Коефіцієнти кореляції між фундаментальними факторами і валютними курсами

	$Y1$	$X1$	$X2$	$X3$	$X4$	$X5$	$X6$	$X7$	$X8$	$X9$	$X10$	$X11$	$Y2$
$Y1$	1	0,75	0,76	0,92	-0,68	0,76	-0,79	0,54	-0,76	-0,8	-0,84	0,48	0,99
$X1$		1	0,67	0,72	-0,20	0,77	0,15	-0,59	-0,63	-0,69	0,11	0,46	0,77

X2			1	0,62	-0,14	0,94	-0,57	0,99	0,99	-0,94	-0,80	0,49	0,81
X3				1	0,55	0,67	0,56	-0,62	-0,57	-0,70	0,82	0,48	0,89
X4					1	-0,16	0,36	-0,16	-0,15	-0,09	0,35	-0,11	-0,51
X5						1	-0,59	0,99	0,99	-0,92	-0,84	0,48	0,82
X6							1	-0,55	-0,59	-0,58	0,76	0,17	-0,79

Продовження табл. 1.2

X7								1	0,99	0,99	-0,81	0,12	0,80
X8									1	0,99	-0,79	0,12	-0,71
X9										1	-0,79	-0,51	-0,84
X10											1	0,36	-0,61
X11												1	0,49
Y2													1

Джерело: [29]

Отже, в результаті варто зазначити, що на динаміку валютного курсу як фінансового індикатору впливає значна кількість макроекономічних факторів.

Сформувавши набір факторів впливу на фінансові індикатори, варто перейти до самого визначення поняття.

О. Користін [36] вважає, що індикатором є елемент, що відображає хід процесу, стан об'єкта аналізу, а також його якісні та кількісні характеристики.

Індикатори в економіці потрібні для аналізу стану об'єктів на різних рівнях, сигналізування про появу негативних тенденцій та потребу впровадження заходів, прогнозування розвитку явищ чи процесів [54].

Проблема визначення поняття «індикатор» залишається досі не вирішеною. Достатньо часто дана категорія вживається як синонім до слів «показник», «індекс». Таке використання синонімічного ряду є помилковим,

тому що ці слова мають різне значення та суть. Вище наведені визначення поняття «індикатор» не повністю розкривають суть досліджуваної категорії. Крім того відповідно до специфіки галузі науки дослідника, «індикатор» визначається по-різному економістами, математиками, хіміками, біологами.

Для дослідження настрою на фондових ринках використовують два показники ААІ та ІІ, що виражають настрої інвесторів на ринку. Якщо ринок стає більш динамічним, і операції на ньому на 60% відносяться до «Bull» чи «Bear» операцій, тоді це сигналізує про те, що ринки стають екстремальними, тобто більшість трейдерів діють всупереч іншим учасникам ринку. Такі показники є застосовними в тому випадку, коли інвестори агресивно реагують на появу нової інформації чи новин. При використанні таких показників потрібно виявляти тенденції в настроях на ринку в середньо- та довгостроковій перспективі.

Іншими популярними індикаторами, що використовуються для аналізу динаміки фондових індексів, є такі:

1. MA (ковзне середнє) – допомагає визначити початок або завершення тренду.
2. MACD (збіжність/розбіжність ковзних середніх) – використовується для оцінки та прогнозування коливань на фондових та валютних ринках.
3. Bollinger Bands – допомагає трейдерам визначити умови за яких відбувається надмірна купівля/продаж («перегрівання» ринку).
4. VIX – допомагає вимірювати волатильність на фондових ринках, відслідковуючи неявну волатильність Call і Put опціонів.

При використанні наведених вище показників варто пам'ятати, що їх здатність передбачувати події на фондовому ринку залежить від періоду, що аналізується. Чим коротший період, тим легше прогнозувати. Не варто повністю покладатись на результати отримані внаслідок використання описаних індикаторів, частіше вони просто підказують про можливі зміни чи нові ситуації, що виникають на ринку.

Згідно з визначенням енциклопедії інвесторів [183] індикаторами ринку є ряд технічних показників, які використовуються трейдерами, щоб передбачити напрямки основних фінансових індексів.

Н. Рудик [98] вказує на те, що поняття «індикатора» та «показника» вживаються як рівні за значенням слова і однаково доцільні для використання в економічній літературі. Проте не завжди можна стверджувати, що це ідентичні поняття. Так, Б. Грабовецький [13] вважає, що економічні індикатори – це статистичні показники, динаміка яких стало відповідає зміні економічної кон'юнктури. Отже, поняття індикатора є більш широким, охоплює або ж включає в себе категорію «показник».

Можна стверджувати, що показник – це кількісна характеристика отримана в результаті обробки та аналізу даних, на основі яких суб'єкт може прийняти певне рішення. Індикатор є близьким до показника, але, крім того, він є своєрідним «вказівником». Індикатор інформує чи сигналізує про те, чи виникає потреба у розробці заходів чи інструментів, щоб вплинути на явище чи процес, та дозволяє визначити властивості, характеристики та стан явищ та процесів.

Фінансовий індикатор – показник фінансового стану компанії чи ситуації на ринку, зазвичай пов'язаний із фінансовими показниками, такими як зростання доходу чи грошових потоків. [161]

За провідним економічним виданням «The Economist» до економічних та фінансових індикаторів відносяться: ВВП, промислове виробництво, споживчі ціни, рівень безробіття, торговельний баланс, баланс поточних рахунків, грошові одиниці, бюджетний баланс, відсоткові ставки. [172]

За даними Світового банку, до індикаторів фінансового сектору відносять: [171]

- Рахунки у фінансовій установі, жінки (% вік 15+)
- Рахунки у фінансовій установі, чоловічої статі (% вікової 15+)
- Банкомати (банкомати) (на 100000 дорослих)
- Банківський капітал / активи (%)

- Банк необслуговуваних кредитів в загальному обсязі до валових кредитів (%)
- Грошова маса (% від ВВП)
- Зростання грошової маси (% на рік)
- Відділення комерційних банків (на 100000 дорослих)
- Депозитна відсоткова ставка (%)
- Індекс глибини кредитної інформації (0 = низький до 8 = високий)
- Внутрішній кредит, наданий фінансовим сектором (% від ВВП)
- Внутрішній кредит приватному сектору (% від ВВП)
- Прямі іноземні інвестиції, чисті (BoP, поточний US \$)
- Інфляція споживчих цін (% на рік)
- Спред процентних ставок (ставка мінус завдатку кредитування ставка,%)
- Міжнародні мігранти, загальна кількість
- Кредитна відсоткова ставка (%)
- Список вітчизняних компаній, загальна кількість
- Ринкова капіталізація перерахованих вітчизняних компаній (% від ВВП)
- Ринкова капіталізація перерахованих вітчизняних компаній (поточний US \$)
- Чиста міграція
- Офіційний обмінний курс (LCU за US \$, в середньому за період)
- Особисті грошові перекази, отримані (поточний US \$)
- Реальна відсоткова ставка (%)
- Премія за ризик по кредитуванню (кредитування ставка мінус казначейських векселів ставка,%)
- S & P Global Equity Індекси (річна зміна%)
- Акції, що торгуються, загальна вартість (% від ВВП)
- Акції, що торгуються, коефіцієнт обороту вітчизняних акцій (%)
- Індекс юридичних прав (0 = слабкого до 12 = сильний)
- Загальна сума резервів (включає в себе золото, поточний US \$)

Згідно економічної енциклопедії [170] індикаторами є статистичні дані, які використовуються для вимірювання поточних умов, а також для

прогнозування фінансових і економічних тенденцій. Економічні показники – це статистичні значення, що використовуються для вимірювання росту або скорочення економіки в цілому або секторів в економіці. Технічні показники широко використовуються в технічному аналізі для прогнозування змін на фондових ринках для виявлення тенденцій або цінових моделей на будь-який з активів. У фундаментальному аналізі, економічні показники, використовуються для забезпечення уявлення про майбутню прибутковість потенціалу державних компаній.

Фінансові індикатори [162] – мірило продуктивності, що широко використовуються професіоналами, для прогнозування та оцінки динаміки.

Розглянемо перелік фінансових індикаторів фондового ринку, що є найбільш застосованими для аналізу стану ринку:

1. The Dow Jones Averages
2. Over-the-counter market (NASDAQ) indexes
3. Standard & Poor's 500 stock index
4. New York Stock Exchange Composite Stock Index
5. American Stock Exchange Total Index
6. Price/earnings ratios for common stocks
7. Common stock yields
8. Corporate profits
9. International stock indexes

Індикатором, незалежно від сфери дослідження, є об'єкт (число, рідина, прилад), який здатен вказувати або виявляти властивості та особливості досліджуваних явищ чи процесів, сигналізувати про певні тенденції, які відбуваються.

Тому варто відмітити, що на основі попереднього визначення, можна зробити висновок, що індикатор виконує певні функції, зокрема:

- інформативну – надання об'єктивної інформації про досліджувані явища чи процеси,

- сигнальну – попередження про зміну або появу позитивних чи негативних тенденцій.

На основі методики семантичної інваріантності сформулюємо власне означення фінансового індикатора на фінансовому ринку з метою подальшого дослідження як фінансового часового ряду.

Фінансовий індикатор – це числове значення чи їх сукупність на підставі якого отримується інформація про тенденції явища чи процеси на фінансовому ринку. Для прикладу, фінансовими індикаторами як на фінансовому ринку, так і в економіці загалом можна вважати курс валют та фондові індекси.

Моделювання динаміки валютних курсів та фондових індексів може використовуватись державою в цілях оцінки сучасного стану та прогнозування майбутнього стану фінансової системи з метою посилення економічної безпеки держави.

На прикладі України, моделювання динаміки такого фінансового індикатора як валютне котирування є складним процесом. У першу чергу це зумовлено тим, що сам Національний банк України відмовився від прогнозування курсу валюти, у країні склалась складна політична ситуація, наявний дефіцит бюджету, зростає кількість банків-банкротів, дефіцит коштів у пенсійному фонді. Тому для прогнозування стану і динаміки валютного ринку України варто використовувати теоретичний прогноз, пов'язаний із політикою Національного банку та уряду країни, попитом та пропозицією на валюту, а також очікуваннями населення та здійснювати аналіз ключових макроекономічних факторів. Для подальшого дослідження впливу таких факторів виділимо найважливіші з них:

1. Валовий внутрішній продукт (ВВП). При зростанні ВВП відповідно зростає і курс валюти. Дані щодо ВВП завжди мають істотний вплив на динаміку валютного ринку. Часом такий вплив може бути виражений неявно, або, навпаки, різкі зміни в динаміці ВВП здатні «шокувати» валютний ринок.

2. Індекс споживчих цін (ІСЦ). При зростанні ІСЦ національна валюта знецінюється. Відхилення ІСЦ на 0,2 від очікуваного значення спричиняє шоківі реакції на валютному ринку.
3. Рівень безробіття. Зростання рівня безробіття, як правило, спричиняє падіння курсу національної валюти.
4. Стан платіжного балансу. Позитивне сальдо платіжного балансу – це фактор, що сприяє зростанню курсу національної валюти.
5. Доходи та витрати населення. Зростання обох показників стимулює зміцнення курсу національної валюти.

Отже, після того, коли чітко сформульоване поняття фінансового індикатору, а також окреслені основні макроекономічні фактори, можна перейти до дослідження їхнього впливу на фінансові ряди за допомогою економетричних методів моделювання та аналізу часових рядів.

1.2 Фрактальна теорія ринку та гіпотеза ефективного ринку

Необхідність розробки комплексу економіко-математичних моделей дослідження фінансових індикаторів, що здатні попереджати про настання негативних явищ та процесів на ринку капіталів, полягає у забезпеченні своєчасного виявлення аномальної динаміки часових рядів

Фінансово-економічна криза 2008-2009 років спростувала досконалість уже існуючої системи фінансових індикаторів, що попереджали про настання кризи. Також ця система не дала можливості визначити величину кризи та швидкість її розповсюдження.

Аналіз, дослідження існуючих та розробка і моделювання динаміки нових фінансових індикаторів сприятимуть вдосконаленню фінансово-грошової політики держави, а також торгівлі на фінансовому ринку.

Фінансові індикатори демонструють "фрактальні" властивості з плином часу. Характерною властивістю фракталів є те, що досліджуваний об'єкт має властивості самоподібності.

Однією із найбільш перспективних методик у дослідженні фінансових часових рядів є застосування фрактального та мультифрактального аналізу. Такий інструмент є важливим при вивченні фінансових чи соціологічних факторів. Статистичні закономірності структури шуму, аналізом якого часто нехтують, насправді є важливим джерелом прихованої інформації про настання різних змін властивостей досліджуваних рядів.

Тому на противагу гіпотезі ефективного ринку з'явилась гіпотеза хаосу та порядку на ринках капіталу. Причиною появи нової теорії стала слабкість теорії ефективного ринку через те, що при її застосуванні неможливо було пояснити раптову зміну динаміки фінансових часових рядів.

Гіпотеза ефективного ринку ґрунтується на тому, що фінансові ринки не володіють пам'ятю. Це означає, що після миттєвої реакції ринку на новини одразу відбувається його стабілізація. Те, що для фінансових часових рядів характерним є персистентність, тобто наявність пам'яті, стало відомим відносно не так давно. На сьогодні відомим інструментом дослідження персистентності часового ряду є R/S аналіз, що був розроблений Херстом, а використаний для аналізу фінансових ринків Мандельбротом.

Ефективність ринку ґрунтується на тому, що отримана нова інформація на ринку має миттєво враховуватись, а минулі значення не повинні впливати на майбутні. Проте, якщо ринок розглядати як фрактальний, то між минулими значеннями та майбутніми існує кореляція, звідси виникає протиріччя щодо того чи сприймає ринок нову інформацію, не враховуючи минуле. Крім того, відомо, що не вся інформація віднаходить своє відображення у формуванні ціни.

Момент настання глобальної фінансово-економічної кризи 2008 року, показав, що зростання цін на фінансових ринках не є безмежним. Невизначеність щодо майбутніх економічних перспектив поширилась по світу. В найбільш неспокійний період основні фондові індекси втратили приблизно до п'ятдесяти відсотків своїх максимумів за півтора року довготривалого спаду.

Згідно з основними положеннями *гіпотези ефективного ринку*, така криза не повинна була відбутись у зв'язку з тим, що з погляду теорії інвестори діють раціонально. Крім того, вважається, що вплив нової інформації на інвесторів є однорідним.

Інвестори, що зосереджені на короткострокових термінах інвестування, акцентують увагу на технічній інформації та поведінці інших учасників ринку. Інвестори, що зосереджені на довгостроковій терміні інвестування, навпаки, приймають рішення на основі фундаментального аналізу та не враховують поведінку решти учасників.

Як наслідок, фінансові ринки стають складними системами, які важко аналізувати при використанні лінійних методів.

Щодо *фрактальної гіпотези* фінансових ринків, то вона ґрунтується на емпірично спостережуваних характеристиках цих ринків, таким чином розглядає ринок як систему, що складається з гетерогенних агентів, які реагують на інформацію відносно до їх інвестицій.

Якщо на ринку присутня достатня кількість покупців та продавців і ринковий механізм працює ефективно, то гарантується гармонійне його функціонування.

Якщо інвестиційні терміни або горизонти рівномірно представлені на ринку (мається на увазі, що є достатня кількість інвесторів із довгостроковим терміном інвестування), тоді попит та пропозиція на активи задовільняється, ринок працює ефективно та стабільно. Проте, якщо певна група інвестиційного терміну стає домінуючою на ринку, з'являються аномальні явища. Тому гіпотеза фрактального ринку безпосередньо передбачає такі критичні або екстремальні явища на ринку, які пов'язані саме з тим, що на ринку домінує група інвесторів з певним терміном інвестування (довго- чи короткостроковим).

Тоді короткострокові інвестиції повинні домінувати під час фінансових криз та потрясінь. Першою причиною є те, що інвестори з довгостроковим горизонтом інвестування внаслідок паніки починають продавати свої

фінансові інструменти, що є наслідком негативних новин і впливу синхронізації поведінки учасників. В свою чергу діяльність учасників з короткостроковим терміном інвестування поживається у порівнянні з довгостроковими, або ж інвестори з довгостроковими термінами залишаються поза ринком, поки ситуація не стабілізується.

Згідно гіпотези фрактального ринку під час криз повинна спостерігатись підвищена потужність (високі частоти) на низьких рівнях. Крім того, можна спостерігати зміну структури дисперсії по частотам до того, як зміна активності інвесторів призведе до зміни структури ринку.

Таке поняття як «фрактали» спочатку з'явилися у галузі досліджень про природу. Світ є хаотичним, подібним, відносним та неупорядкованим, постійно у розвитку та еволюціонуванні.

Якщо намагатись повністю контролювати та регулювати економіку чи фінансові ринки, то стримування їх розвитку призведе до катастрофічних наслідків для самої системи.

Варто відмітити, що фінансові ринки є нелінійними динамічними системами, які функціонують із зворотнім зв'язком. Тобто сучасні події залежать від попередніх. При розвитку системи вона може досягти моменту, коли для неї можуть існувати кілька рівноважних станів. При аналізі динаміки фінансових індикаторів можна зробити висновок, що досліджуваний часовий ряд є фракталом, оскільки окремі інтервали його розвитку є подібними. Крім того майбутня динаміка залежить від початкових умов.

Теорія фрактального ринку пов'язана з теорією хаосу. Теорія хаосу починає свій розвиток з другої половини XIX століття. Першою роботою в цій сфері є опис проблеми стійкості руху, його меж та нелінійної динаміки, що була опублікована Ляпуновим А.М. у 1892 році. У 40-х роках Колмогоров А.М. розробив теорію турбулентності, яка стала основою для досліджень хаотичних явищ та процесів. Щодо застосування цієї теорії в економічній сфері, то однією із праць, де викладено теоретичні основи теорії хаосу на

фінансових ринках, є книга американського математика-економіста Едгара Петерса [93].

Хаотичною системою є детермінована нелінійна динамічна система, що здатна продукувати результати, які здаються випадковими. Така система має мати фрактальну розмірність і виявляти чутливу залежність від початкових умов [107].

Виникнення теорії хаосу та фрактального ринку спричинене неспроможністю теорії ефективного ринку пояснити раптові стрибки цін на фінансових ринках. Тому постала необхідність у нових математичних методах та інструментах. А завдяки комп'ютерним технологіям їх використання є простішим.

Гіпотеза ефективного ринку ґрунтується на класичній концепції рівноваги та раціональній поведінці учасників ринку. Цю теорію збагачували та розвивали видатні економісти, такі як А. Сміт, А. Маршал, Дж. Хікс, П. Самуельсон.

Теорія рівноваги висуває гіпотезу, що при відсутності зовнішніх впливів економіка віднаходить свій рівноважний стан. Зовнішні фактори та аттрактори збурюють систему, проте внутрішні сили системи намагаються повернути її до рівноважного стану. Значна кількість моделей була побудована за допомогою лінійних методів та інструментів. Проте дослідники не відхиляли нелінійну алгебру та нелінійні диференціальні рівняння. Дж. Хікс використовував нелінійні рівняння для того, щоб описати суспільні явища, що дозволило включити до моделювання моменти раптових змін у системі [99].

На практиці виявилось, що неможливо проігнорувати розвиток ринку, через що Василь Леонт'єв, нобелівський лауреат, зазначив, що для дослідження використовується величезна кількість складних інструментів дослідження, але їх результативність вкрай низька [108].

Напрями нових досліджень та розвиток уже відомих теорій математичного апарату підтверджують, що для існування та розвитку будь-якої системи є хаос та невизначеність.

Оскільки фінансові ринки є фрактальними системами, що характеризуються наявністю зворотнього зв'язку та кореляції між минулими та майбутніми подіями, то в процесі розвитку та еволюції системи можуть проявлятися такі наслідки:

- 1) довгострокові кореляції і тренди як ефекти зворотного зв'язку;
- 2) мінливість з критичними рівнями ринків (за певних умов, у визначений час);
- 3) часові ряди дохідностей на проміжках часу, що зменшуються, матимуть подібні статистичні показники, тобто характеризуватися фрактальною структурою;
- 4) надійність передбачень, прогнозів щодо майбутнього розвитку буде зменшуватися в міру того, як ці прогнози будуть стосуватися більш далекого майбутнього, тобто виявляється чутлива залежність від початкових умов [30].

Основна перевага теорії фрактального ринку – це становлення питання про якість прогнозів, що отримані для фінансових ринків.

Крім того, зміна динаміки цін на фінансових ринках є проявом не тільки фінансових та економічних чинників, але й психології учасників ринку. Тому ринок може бути ірраціональним. Це означає, що сама інформація не є важливою, а головним рушійним фактором зміни ціни стає реакція людей на отриману інформацію.

На сьогодні одним із мейнстримів дослідження є вивчення людського фактору та його вплив на різні соціально-економічні системи, явища та процеси.

Цінова динаміка частково може бути обумовлена внаслідок впливу економічних та політичних факторів. В більшості випадків інвестори не враховують дослідження поведінкової економіки.

Цікавим є дослідження американського економіста Роберта Шиллера, що аналізував поведінку учасників фондового ринку США після кризи 1987 року. Дослідження ґрунтувалось на розсиланні двох тисяч анкет приватним інвесторам та тисячі анкет інституційним інвесторам. В результаті Шиллер отримав відповідь від 605 та 284 респондентів відповідно. Основне питання стосувалось того, які новини мали для учасників ринку найвагоміший вплив при прийнятті рішення під час падіння цін. У результаті стало відомо, що ні політичні, ні економічні новини не були важелем впливу, а основною причиною продаж акцій та облігацій став початок падіння цін на ринку. Рух цін вниз став причиною паніки учасників, а це спричинило крах на фондовому ринку [129].

На ринку часом для його учасників притаманні такі емоції, як надія, страх, скупість, жадоба. Люди хоч і різні між собою, проте досить егоїстичні і схожі у поведінці між собою водночас. Тому реакція на динаміку зростання чи спаду є колективною, а для ринку характерним є хаос, і для відновлення рівноважного стану і стабілізації потрібен час.

Гіпотеза фрактального ринку дозволяє враховувати особливе значення впливу інформації в поведінці інвесторів. За Херстом [81], фінансові часові ряди мають довгострокову пам'ять, їм притаманні цикли, тренди, перехід у якісно новий стан, дробова розмірність.

Методи нелінійної динаміки щодо вивчення фінансових індикаторів, фінансових ринків за допомогою фрактальної теорії були впроваджені у дослідженнях Б. Мандельбротом, Д. Сорнеттом, Е. Петерсом, М. Дубовиковим, Т. Кравець, О. Ляшенко, Н. Максишко, В. Перепелицею, А. Потаповим, В. Соловйовим, Н. Старченко.

В перекладі з латинської мови «фрактал» перекладається, як «ламати». Тобто, якщо динаміку фінансових часових рядів відобразити графічно, то побачимо, що графік динаміки матиме ламану структуру.

Математично описаними фракталами стали завдяки американському математику Бенуа Мандельброту. Він показав, що завдяки фрактальній

структурі часові ряди можна поділити на об'єкти зі структурами різного масштабу, що дозволяє відобразити їх ієрархічність.

Похідним поняттям «фракталів» є «фрактальна розмірність». Вона являє собою число, що є характеристикою об'єкту, і показує наскільки він заповнює простір. Фрактальний розподіл – функція щільності ймовірностей, що є самоподібною. Звідси маємо, що на різних часових проміжках статистичні характеристики залишаються однаковими. Ці характеристики використовуються для аналізу фінансових ринків.

Розрахувати фрактальну розмірність можна за формулою:

$$D = \frac{\log(N)}{\log\left(\frac{1}{2r}\right)} \quad (1.1)$$

де D – фрактальна розмірність Хаусдорфа;

N – кількість самоподібних копій (кількість кіл);

r – скейлінговий фактор (радіус кіл) [59].

Формулу (1.1) можна застосувати для розрахунку фрактальної розмірності динаміки таких фінансових індикаторів, як фондові індекси та котирування валютних пар. Якщо D буде ближчим до 1, тоді графік динаміки буде більше схожим на пряму, а при D , що буде ближчим до 2, навпаки, графічне відображення матиме ламану структуру.

Гіпотеза ефективного ринку (ГЕР) є теорією інвестицій, що стверджує, що неможливо "обіграти ринок", тому що причини ефективності фондового ринку існуючих цін на акції, завжди включають і відображають всю необхідну інформацію. За даними ГЕР, акції завжди торгуються за їх справедливою вартістю на фондових біржах, що унеможлиблює для інвесторів покупку або недооцінених акцій або, навпаки, продавати акції за завищеними цінами.

Незважаючи на те, що є наріжним каменем сучасної фінансової теорії, ГЕР є досить спірною теорією і часто заперечується. Її Прихильники стверджують, що немає сенсу шукати недооцінені акції або намагатися

прогнозувати тенденції на ринку за рахунок або фундаментального або технічного аналізу.

У той час як вчені вказують на велику кількість доказів на підтримку гіпотези ефективного ринку, рівна кількість заперечень теорії теж існує. Наприклад, інвестори, такі як Уоррен Баффет послідовно «переграв» ринок, що відбувалось протягом тривалого періоду часу, проте за теорією ефективного ринку – це є неможливим. Критики ГЕР також вказують на такі події, як обвал фондового ринку 1987 року, коли Dow Jones Industrial Average (DJIA) впав більш ніж на 20% протягом одного дня, як доказ того, що ціни на акції можуть серйозно відрізнятись від їх справедливої вартості. [155]

Фінансова криза 2007-2012 років призвела до відновлення уваги та критики гіпотези ефективного ринку. Ринковий стратег-аналітик Джеремі Гренсем категорично заявив, що гіпотеза ефективного ринку несе відповідальність за нинішню фінансову кризу, стверджуючи, що вона має "хронічну недооцінку небезпеки бульбашок." Фінансовий журналіст Роджер Левенштейн критикував теорію, оголосивши "потенціал зростання поточної Великої рецесії зріс внаслідок застосування гіпотези ефективного ринку". Колишній голова Федеральної резервної системи Пол Волкер зазначив: "ясно, що серед причин нещодавньої фінансової кризи була невиправдана віра у раціональні очікування та ефективність ринку".

Фінансові ціни, демонструють "фрактальні" властивості з плином часу. Характерною властивістю фракталів є тенденція об'єкта, який повинен бути самоподібним. Щоб підтвердити реальність фрактальної гіпотези фінансових ринків, розглянемо добре відомий приклад - природний дуб (Рис. 1.1).

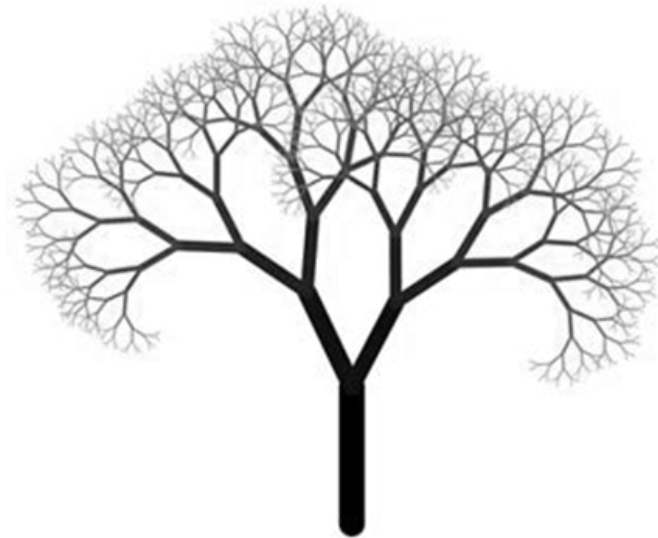


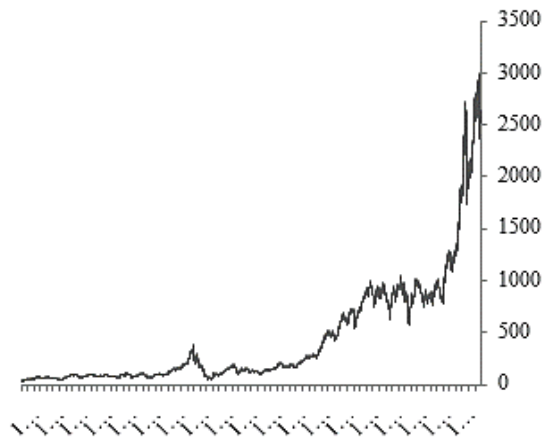
Рис. 1.1 Фрактальне дерево

Джерело: [133]

З відстані рис.1.1 гілка нагадує стовбур з деякими великими гілками і гладкою короною. Збільшивши одну велику гілку, і ми бачимо гілку з меншими гілками. Змінивши масштаб і за тією ж схемою знову бачимо, що наступна гілка поділяється на менші гілочки. Послідовні, «покоління» гілок стають все менше, але картина кожного повторює попереднє покоління. Це називається структура "самоподібності".

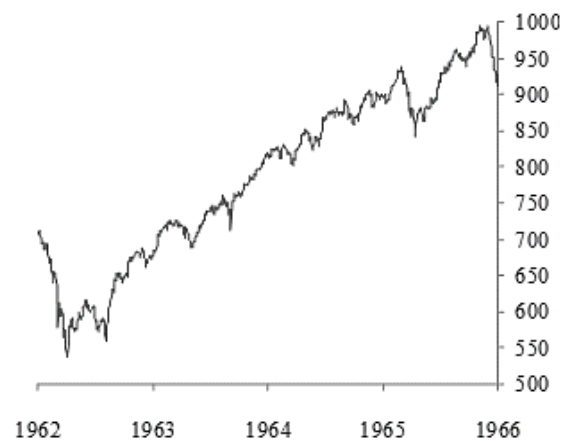
Рис. 1.2 є відображає динаміку цін частотою в один день для індексу акцій Dow Jones з 1896. З рис. 1.2 можна припустити, що динаміка описується експоненціальною моделлю.

Chart 1. Dow Jones Industrials Index
(1861-1991)



а)

Chart 2. Dow Jones Industrials Index
(1962-1966)



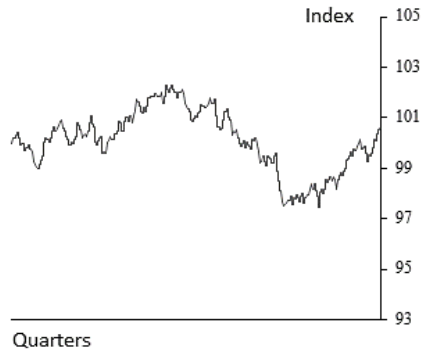
б)

Рис.1.2 Динаміка індексу Dow Jones Industrial (а) динаміка індексу Dow Jones Industrial за період 1861-1991 роки; б) динаміка індексу Dow Jones Industrial за період 1962-1996 роки)

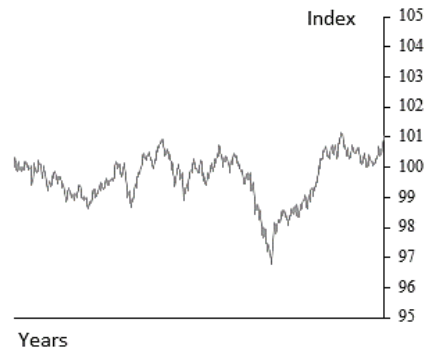
Джерело: [133]

З рис. 1.3 індекс Доу-Джонса в період між 1988 і 1997 роками з динаміка ряду відібрана на різних частотах. Таким чином, щорічна серія спостережень показує зміни в ціні, що спостерігається протягом року; в той час, як «в чотири роки» серія спостережень показує рух в ціні протягом чотирьох років.

Проаналізуємо рис. 1.3. Помітно, що динаміка індексу на різних рівнях частоти даних є схожою і деякі часові проміжки на різних рівнях деталізації мають однакову або схожу динаміку. Це означає, що індекс Доу Джонса має фрактальні властивості і на якій би частоті спостережень (щоденній, щотижневій, що місячній, або річній динаміці тощо) ми не аналізували б динаміку, то вона буде схожою на різних часових вікнах і тоді варто зазначити, що присутній скейлінг.

Chart 3. Annual observations of the Dow Jones industrials index (1988-78)

а)

Chart 4. Four-yearly observations of the Dow Jones industrials index (1988-97)

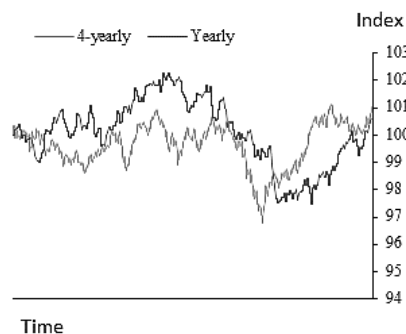
б)

Рис.1.3 Динаміка квартальна та щорічна для індексу Dow Jones (1988-1997) (а) Динаміка індексу Dow Jones щоквартально за період 1988-97 років; б) Динаміка індексу Dow Jones щорічна за період 1988-97 років)

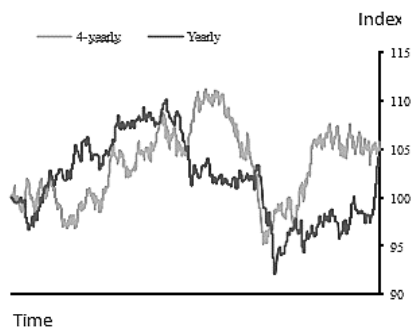
Джерело: [133]

Роглянемо Рис. 1.4., на якому часові ряди накладені один на одного. Для порівняння, рис. 1.4 показує аналогічне явище для індексу FTSE All-Share. [133]

Схожість динаміки фондових індексів на різних масштабах свідчить про прояв властивостей самоподібності, як і індекс Доу Джонса. [133]

Chart 5. Annual/four-yearly observations of the Dow Jones industrials index (1988-97)

а)

Chart 6. Annual/four-yearly observations of the FTSE All-Share index (1988-97)

б)

Рис. 1.4. Динаміка індексу Dow Jones та FTSE рік/4 роки (а) динаміка індексу Dow Jones Industrial за рік та за 4 роки (1988 – 1997 рр); б) динаміка індексу FTSE All-Share за рік та за 4 роки (1988 – 1997 рр))

Джерело: [133]

Порушення стабільності розвитку динаміки фінансового ряду виникає внаслідок порушення його фрактальної структури, що спричинено виходом з ринку інвестора із довгостроковою стратегією інвестування.

Теорія фрактального ринку краще описує динаміку дохідностей фінансових часових рядів, що відображено на рис. 1.5.

Розглянемо рис. 1.5. Зверху до низу відображено імітацію фрактального часового ряду, динаміку лог-різниць фінансового індикатору Доу-Джонса та імітацію гіпотези ефективного ринку. З рис. очевидно, що фрактальна імітація динаміки часового ряду є майже ідентичною до реальної дохідності фондового індексу Доу-Джонса.

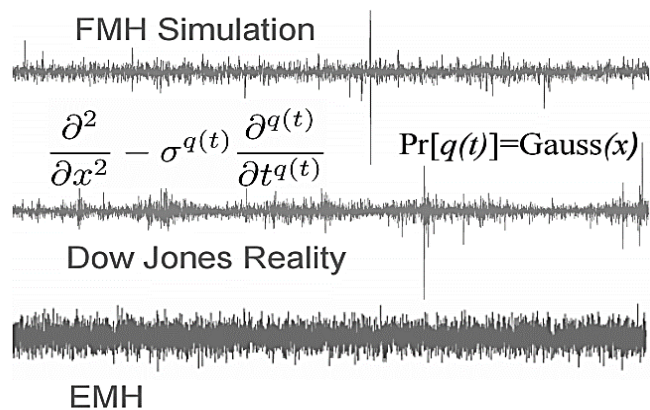


Рис. 1.5. Графічне відображення динаміки часового ряду при фрактальній гіпотезі ринку, реальна динаміка дохідності фондового індексу Доу-Джонса та імітація динаміки часового ряду при гіпотезі ефективного ринку.

Джерело: [140]

У таблиці 1.3 Наведений перелік відмінностей між гіпотезами ефективного та фрактального ринків.

Таблиця 1.3

Відмінності між гіпотезами ефективного та фрактального ринків

Гіпотеза	ефективного	Гіпотеза фрактального ринку
----------	-------------	-----------------------------

ринку	
Гаусівська статистика	Негаусівська статистика

Продовження табл. 1.3

Стаціонарний процес	Нестаціонарний процес
Економічні часові ряди не мають «пам'яті» (відсутня кореляція з минулим)	Економічні часові ряди мають «пам'ять» (присутня кореляція з минулим)
Відсутність шаблонів, що повторюються	Велика кількість самоподібних шаблонів на різних рівнях
Постійна стабільність на різних рівнях	Можлива нестабільність на будь-якому рівні, наприклад, “Levy Flights”, “Black Swans”

Джерело: [140]

Наведені відмінності свідчать про те, що гіпотеза фрактального ринку краще описує реальні процеси соціально-економічних систем, зокрема динаміку фінансових часових рядів. Наприклад, на фінансових ринках, як і у природі часто зустрічається таке явище, як випадкове блукання, яке може проявлятися в різних варіантах і підпорядковується математичним закономірностям. Одним із проявів випадкового блукання є броунівський рух, при якому дрібні частинки в рідині або газі рухаються безладно через те, що стикаються один з одним, і можуть постійно повертатися в ту ж точку. Політ Леві, що зазначений у таблиці 1.3 – це рух, що складається із серій коротких переміщень, причому в проміжках між ними відбуваються довгі переміщення. Якщо прокреслити траєкторію такого руху, то вийде велика фігура, що складається з маленьких, які за формою нагадують велику.

Польоти Леві мають відношення до фракталів, так як в них фрагменти є подобою цілого, інакше кажучи, це самоподібні структури. Називаються вони так, тому що теоретичну базу для їх відкриття створив французький математик Поль Леві.

Наступне явище, що характерне для фінансових ринків – ‘Black Swan’ або ‘Чорний лебідь’. Це метафора, яка описує несподіване явище чи процес, якому притаманні значні наслідки. .

Теорія була розроблена Нассімом Ніколасом Талебом, щоб пояснити:

- непропорційну роль високого профілю, важко передбачуваних, і рідкісних подій, які знаходяться поза сферою нормальних очікувань в історії, науки, фінансів і технологій;
- неможливість обчислення ймовірності значущих рідкісних подій за допомогою наукових методів (в силу самої природи малих ймовірностей);
- психологічні упередження людей, як індивідуальні, так і колективні, щодо невизначеності рідкісних масштабних подій в процесі історичного розвитку суспільства. [124]

1.3 Методи дослідження динаміки валютних курсів та фондових індексів як фінансових індикаторів

Методи досліджень часових рядів постійно вдосконалюються. Це зумовлено тим, що будь-яка система постійно розвивається та еволюціонує, в певний момент змінюється і розвивається в якісно новому напрямі. В процесі світової глобалізації економічні, фінансові системи країн світу все більше стають взаємозалежними та впливають одна на одну. Тому для аналізу, моделювання, дослідження взаємопов’язаних часових рядів таких, як фондові індекси, валютні котирування використовуються VAR-моделі, тобто моделі векторної авторегресії. Застосовуючи такий економетричний інструмент можна отримати прогностні значення взаємопов’язаних часових рядів та проаналізувати динамічний вплив збурень на всю систему змінних моделі.

Як на валютному, так і на фондовому ринку трейдери Форекс покладаються на два види аналізу: технічний і фундаментальний. Технічний аналіз використовують з метою дослідження цінової динаміки абстрагуючись

від першопричин її зумовлення. За допомогою фундаментального аналізу досліджують причини цінових змін, котирувань фондових індексів та валютних курсів.

Проведення фундаментального аналізу на валютному ринку є складним процесом. Він зазвичай використовується для прогнозування довгострокових трендів. Проте деякі трейдери торгують на короткострокових інтервалах часу, використовуючи новітні індикатори.

Вивчення аналітичних матеріалів і коментарів фахівців може допомогти фундаментальним аналітикам краще розуміти довгострокові тренди на ринку FOREX, а короткостроковим трейдерам отримувати прибуток в результаті виняткових подій.

Щоб проаналізувати вартість валюти тієї чи іншої країни, потрібно добре проаналізувати економічну ситуацію в даній країні. Здійснити аналіз стану економіки країни можна за основними економічними індикаторами.

Економічні індикатори - це показники, які деталізують економічну продуктивність країни в будь-якій конкретній області. Такі показники зазвичай публікуються періодично урядовими відомствами або приватними організаціями. В економічні звіти включаються найважливіші і вимірювані економічні чинники, що впливають на продуктивність економіки.

Оскільки вони публікуються періодично, зміни економічних індикаторів можуть відслідковуватися протягом тривалого часу. Економічні звіти уряду зазвичай так само впливають на валюту, що і звіти про прибуток або як квартальні звіти компанії впливають на курс акцій. На валютному ринку, як і на більшості ринків, якщо звіт сильно відрізняється від очікування економістів або аналітиків, відбувається потужний рух ціни.

ВВП вважається багатьма економістами найголовнішим індикатором економічного стану країни. Він відображає загальну ринкову вартість всіх вироблених в країні товарів і послуг за конкретний рік. Більшість трейдерів звертає увагу не на підсумковий звіт про ВВП, а на авансовий і попередній звіт про ВВП, оскільки підсумковий звіт вважається лаговим індикатором,

тобто він підтверджує тренд, а не прогнозує його, а тому не є корисним для трейдерів. Якщо порівнювати з фондовим ринком, звіт по ВВП досить схожий на звіт про прибутки компанії за підсумками року. Вони вказують інвесторам і трейдерам на показники росту за певний період часу.

Звіт про промислове виробництво (статистичний звіт ФРС) повідомляє про зміну темпів виробництва заводів, шахт тощо. У цьому звіті найважливішим є коефіцієнт використання виробничих потужностей, який оцінює рівень виробничої активності в економіці. Безумовно, хорошим показником є високий рівень виробництва і використання виробничих потужностей. Коефіцієнт використання виробничих потужностей, що знаходиться в межах 82-85% вважається великим і може привести до збільшення цін або дефіциту товарів в короткостроковій перспективі. Коефіцієнт нижче 80% зазвичай свідчить про уповільнення в економіці і можливість рецесії.

Індекс споживчих цін - це економічний індикатор, який вимірює рівень змін ціни в економіці, він є способом вимірювання інфляції. Використовуючи «кошик» споживчих товарів, економісти оцінюють зміни ІСЦ рік за роком. Цей індикатор є одним з найважливіших в економіці, і його публікація може викликати сильну волатильність на ринках акцій, облігацій і валют. Загроза інфляції може стати критичним фактором виникнення потужних цінових рухів на валютному ринку.

Важливо знати, коли виходять економічні новини. Дуже часто ринки відчують підвищену волатильність напередодні випуску звіту, що ґрунтується на очікуваннях учасників ринку [90].

Метою фундаментального аналізу є визначення дійсної справедливої ціни. Тому вивчаються міжнародні економічні, фінансові і політичні чинники, їх взаємозв'язок і вплив на поведінку валютних курсів та фондових індексів. Завдяки фундаментальному аналізу можна спрогнозувати те, що ще не відобразилось на графіку.

Найважливішою складовою макроекономіки є вміння проводити аналіз тенденцій зміни ринку і, відповідно, передбачення, які саме чинники і яким чином вплинуть на курси валют. Основним способом дослідження економіки є вивчення макроекономічних індикаторів, що публікуються національними статистичними органами. Інформаційне агентство Рейтер надає користувачам статистичні дані у момент їх публікації. Відомий графік публікації статистичних даних різних країн: у який день і о котрій годині ті або інші показники будуть офіційно оголошені і миттєво передані в системі Рейтер, з'явившись на екранах «рейтерських» моніторів по всьому світу. У розбитті по днях тижня приводяться середньозважені прогнози економістів і дослідницьких центрів про очікувані показники національної статистики. Даються час їх публікації, а також попередні значення показників. Ці дані ретельно аналізуються дилерами і аналітичними відділами банків, і на їх основі розробляється сценарій динаміки валютного курсу і тактика арбітражних операцій.

Макроекономічні показники зазвичай мають три значення: очікуване, реальне і виправлене. Очікуване значення виходить як результат сукупної думки аналітиків. Це значення у міру наближення до терміну виходу реального значення може корегуватися, оскільки з'являються нові додаткові дані. Очікуване значення є орієнтиром для ринку. Зазвичай ревізія не робить помітного впливу на ринок. Якщо реальні показники характеризують стан економіки минулого місяця або кварталу, то ревізія даних характеризує ще віддаленіший період у минулому. Слід зазначити, що аналіз економічних індикаторів проводиться не тільки для прогнозування руху валютного курсу, але і для виявлення стандартних реакцій валютного ринку на опубліковані значення цих індикаторів. Термін виходу більшості показників відомий заздалегідь.

У разі збігу прогнозованого і реального значення показника сильного руху валютного курсу, як правило, не відбувається. При цьому говорять, що ринок вже заздалегідь дисконтнувався або "заклався" (discounted або priced in)

на дане значення показника, і рух курсу відбувся раніше. Характер реакції валютного курсу на опублікований показник або очікуване значення визначається тією часткою ринку, яка вже дисконтувалася на значення показника. Абсолютний числовий вираз критичного рівня відхилення для кожного індикатора визначити досить складно, оскільки ринок реагує не на сам показник, а виражає свій настрій. Іноді незначне відхилення викликає сильну реакцію ринку, а іноді значне відхилення від очікуваних значень ігнорується.

Найважливішими макроекономічними показниками у фундаментальному аналізі є відсоткові ставки, інфляція, трудовий звіт, торговельний баланс, притоки іноземних інвестицій, ВВП, ринок нерухомості, роздрібні продажі, індикатори ділової активності, купівля товарів тривалого користування [119].

Фактори, які впливають на коливання цін та котирувань цінних паперів, фондових індексів фондового ринку, які потрібні при побудові прогнозних значень можна класифікувати наступним чином:

1) економічні фактори (відносні процентні ставки, паритет купівельної спроможності (ПКС), економічні умови (торговий, платіжний баланс, економічне зростання, рівень інфляції, пропозиція грошей, безробіття, ставки податків));

2) політичні фактори (економічна політика, нестабільність політичної ситуації, фінансова політика, валютні інтервенції НБУ);

3) настрої учасників ринку та їх очікування;

4) стан галузей економіки;

5) фундаментальні показники діяльності компанії, що входить до переліку формування індексу фондової біржі.

Прихильники технічного аналізу прогнозують ринок цінних паперів на основі дослідження динаміки руху цін фінансових інструментів за попередні періоди часу, що відображено графічно. Основними причинами зрушень в

динаміці фондового індексу чи валютного ринку є три основних види інформації:

- 1) динаміка курсу;
- 2) загальна кількість угод за певні проміжки часу
- 3) кількість позицій, не закритих протягом торгової сесії;

Технічний аналіз ґрунтується на трьох положеннях:

1) коливання на ринку, зміну напрямку його динаміки враховують усі. Тобто будь-який наведений вище фактор, зокрема економічного, політичного, психологічного характеру, уже врахований в графіку. Тому дослідження цінового графіку, зокрема динаміки фондового індексу, валютної пари є необхідною умовою для подальшого прогнозування.

2) ціни рухаються із певним напрямом, тобто трендом. Головним завданням технічного аналізу є виявлення трендів з метою їх подальшого використання у торгівлі. Такі тренди поділяються на три види: бичачий (Bullish - рух ціни вгору), ведмежий (Bearish - рух ціни вниз), бічний (Sideways, Flat - ціна знаходиться на одному рівні з невеликим відхиленням). Методики технічного аналізу ґрунтуються на тому, що тренд рухається в одному напрямі до того моменту поки не з'явиться сигнал про зміну напрямку динаміки.

3) циклічність. Не зважаючи на сучасне антициклічне та антикризове регулювання діє об'єктивний циклічний механізм, що примушує вартість фінансових активів відриватися від своєї економічної основи, і потім знов досягати її через ринкові шоки і падіння цін активів. Останнім часом простежується синхронність коливання фінансових ринків, посилення взаємозалежності, хвиловий характер кон'юнктури і наявність довгих циклів в розвитку фондового ринку, жорстка обумовленість його руху циклами розвитку світової економіки. Циклічний характер економічного розвитку означає, що основні показники та параметри цього процесу мають хвиловий характер, який повторюється через певний час. Емпірично доведено, що

тривалість хвиль протягом 1790-2008 років коливалася від 16 до 30 років [121].

Між технічним і фундаментальним аналізом на практиці немає суперечностей. Розрахункову дохідність цінного папера, визначену фундаментальними аналітиками, необхідно оцінити через механізм ринку цінних паперів. Тільки під впливом попиту і пропозиції встановлюється ціна фінансового активу, в якій у кожній конкретній ситуації відображається оцінка на підставі фундаментального аналізу. Ціна на ринку швидко реагує на чутки, раціональні й ірраціональні уявлення покупців і продавців. Але вони спираються як на технічну, так і на фундаментальну оцінку фінансового активу, оскільки ринкова ціна відображає потребу покупця-інвестора в цінному папері певної якості.

Фахівці ринку цінних паперів на практиці найчастіше використовують інструментарій комплексного, тобто технічного й фундаментального аналізу. Однак технічний аналіз є більш поширеним завдяки таким перевагам, як простота, легкість і швидкість застосування, придатність для дослідження більшої кількості фінансових активів різних емітентів, ніж у разі застосування фундаментального аналізу. Проте фахівці, котрі спираються на технічний аналіз, не завжди досить точно передбачають ціни на ринку цінних паперів на далеку перспективу. Довготермінове прогнозування зазвичай зумовлює необхідність додаткового залучення елементів фундаментального аналізу.

Процес технічного аналізу ринку на сьогодні спростився, оскільки людство має потужні комп'ютери та спеціалізовані програмні продукти. [94].

Найпопулярнішими програмними продуктами серед країн Заходу та СНД є такі, що вмщують у собі всі інструменти та методи комп'ютерного дослідження фондового ринку.

The AI Trilogy (фірма World System Group) — унікальний «конструктор», який дає змогу створювати аналітичні комплекси будь-якого рівня складності. До програми входять 16 типів нейронних мереж у пакеті NeuroShell, розширена бібліотека NeuroWindows та реалізація генетичних

алгоритмів — програм GeneHanter. Цей пакет встановлено в 150-ти найбільших банках США.[94]

I Think (фірма High Perfomanse System) — засіб побудови моделей найскладніших ситуацій і процесів — політичних, економічних, фінансових тощо. За його допомогою моделюють президентські вибори та надзвичайні ситуації у регіонах, інвестиційні потоки й реакцію ринку на нові податки, розв'язують безліч інших завдань. Ця програма незамінна в процесі планування структурних змін у банках і великих фірмах як візуальний інструмент реінжинірингу.[94]

Технічний аналіз на сьогодні є інструментом, який можна застосувати швидко й порівняно легко для прогнозування майбутньої поведінки ринку на основі ринкової статистики за попередні періоди.

Технічні підходи можна класифікувати в різні способи. Загальноприйнятим є розподіл усіх методів технічного аналізу на дві групи: методи, призначені для аналізу ринків із чітко визначеною тенденцією, та методи, придатні для аналізу неактивного ринку. Є два методи технічного аналізу: графічний та метод ковзного середнього.[94]

Популярність графічного методу зумовлена простотою у використанні, а сам метод вважається одним із найефективніших методів технічного аналізу.

Іншим популярним методом є метод ковзного середнього. В основу цього інструменту дослідження покладено аналіз цінової динаміки.

Зіставлення графіка ковзної середньої з вихідним емпіричним графіком фактичних щоденних цін закриття (за курсом дня) або з графіком ковзної середньої за менший проміжок часу демонструє, що в ковзній середній за триваліший період часу більше згладжуються випадкові коливання («артефакти»), ніж за коротший період, і вона краще відображає ринкові тенденції руху цін.[94]

Фахівці, що використовують метод ковзної середньої досліджують різні за тривалістю періоди часу, приділяючи особливу увагу перетину ліній. Різновидом методу є побудова «каналу», що становить дві паралельні прямі,

які є межами нормального діапазону коливань ціни у межах загальної тенденції. Поширеною помилкою застосування цього методу є спроба прогнозувати за допомогою ковзної середньої цінову динаміку. Цей метод дозволяє підтвердити тенденції на ринку, але не може передбачити їх. [94]

Метод ковзної середньої дуже поширений у технічному аналізі, хоча й має низку суттєвих недоліків. По-перше, за його допомогою неможливо науково обґрунтувати вибір необхідної кількості членів динамічного ряду для розрахунків та обчислюваного розрахункового часового інтервалу m (днів, місяців тощо). По-друге, кінці розрахункового ряду динаміки не мають визначення ковзних середніх величин, тож отримуваний теоретичний ряд коротший за вихідний емпіричний [94].

Спеціальний розділ графічного аналізу складається із побудови графіків імпульсних коливань, найпоширеніших під час проведення торгових операцій, за методом «моментів» («момент» — це різниця двох цін).

$$M_x = P_x - P_{x-n}$$

(1.2)

де M_x — «момент» на день x ;

P_x — ринкова ціна фінансового активу на день x ;

P_{x-n} — ринкова ціна фінансового активу n днів тому. [94]

Значення «моментів» (додатні й від'ємні) за кілька днів утворюють динамічний ряд, який наносять на графік. Сигнали купівлі реєструються, якщо значення ряду — імпульс, перетинається з лінією часу вище нульової позначки, сигнали продажу — нижче нульової позначки.

Метод екстраполяції дає короткостроковий точковий прогноз. На практиці зазвичай визначають довірчі інтервали прогнозного рівня [94].

Через зміни у світовій фінансово-економічній системі процеси та явища переходять у новий стан достатньо інтенсивно, якісні прояви все частіше неочікувані. Тому для аналізу та прогнозування динаміки економічних систем необхідний синтез нових аналітичних і обчислювальних підходів. Цей синтез був здійснений в рамках міждисциплінарної науки, що

бурхливо розвивається в даний час – теорії складності та синергетики, які досліджують причини і механізми виникнення нових режимів і структур, вивчають характерні масштаби і швидкості перехідних і сталих процесів, дозволяють прогнозувати вірогідні зміни в поведінці системи та обирати ефективний спосіб управління неочікуваними динамічними режимами, що виникають в складних системах [28].

Предметом дослідження теорії складності є складні нелінійні динамічні системи (у тому числі і економічні), що розвиваються та еволюціонують, інструментарієм – нелінійні математичні моделі та комп'ютерне моделювання. До цього напрямку відноситься, зокрема, теорія динамічних систем, синергетика, нелінійна динаміка, теорія хаосу та катастроф, фрактальний та вейвлет аналіз, тощо [28]. Ці дисципліни оперують спільними поняттями (складні системи, хаотичні атрактори, (мульти)фрактали, дисипативні структури, самоорганізація, біфуркації, русла, джокери, патерни, хаос) та використовують схожий математичний апарат дослідження. Щодо економічних застосувань цього напрямку, то можна виокремити *синергетичну економіку* та *еконофізику* [28].

Фрактальний аналіз є напрямком, в якому було здійснене нетривіальне узагальнення поняття фізичної (топологічної) розмірності на дробовий випадок. Об'єкти з дробовою розмірністю, або, іншими словами об'єкти, які володіють властивістю масштабної інваріантності, називають *фракталами*. Фрактальний аналіз, як міждисциплінарний науковий напрямок, акцентує увагу на дослідженні масштабної подібності складних нелінійних систем, структури та динаміки дивних атракторів (підмножини у фазовому просторі, до якої притягуються всі траєкторії системи, якщо потрапляють у цю підмножину) таких систем, зокрема, породжуваних ними часових рядів.

Нелінійну динаміку можна вважати напрямком, в якому систематизується та вдосконалюється математичний інструментарій, що розроблявся у різних галузях знань для дослідження різного роду складних систем, перш за все, у теорії динамічних систем та якісній теорії

диференціальних рівнянь. *Теорія хаосу та катастроф* спеціалізується на вивченні так званих хаотичних режимів функціонування складних систем та пов'язаних з ними перехідних явищ (криз та катастроф). На відміну від загальноживаного поняття хаосу, в синергетиці поняття *хаос*, або *динамічний хаос* використовується у вузькому сенсі, як нерегулярний рух, що на перший погляд виявляється випадковим, проте породжується детермінованим процесом. Тому його ще називають *детермінований хаос*. Головною ознакою, характерною рисою хаосу є суттєва залежність майбутньої поведінки системи від початкових умов [28].

Відкриття динамічного хаосу зіграло ключову роль в створенні синергетичної парадигми. Розуміння цього явища, введення нових понять і концепцій привели до нового погляду на динамічні системи, на математичне моделювання багатьох явищ, на процедуру зіставлення теорії і експерименту і дозволило переосмислити ряд попередніх математичних результатів. Подальші дослідження в цій галузі показали, наскільки типовим і загальним явищем виявляється хаотична поведінка в системах з невеликою кількістю ступенів свободи. Численні емпіричні дослідження останніх років показали, що використання при моделюванні складних біологічних, соціальних, економічних систем (зокрема, критичних та кризових явищ у цих системах) детермінованих підходів, що ґрунтуються на лінійній парадигмі, виявилось неефективним внаслідок неадекватності цих підходів природі досліджуваних явищ. Зміна парадигми мислення привела до відмови від лінійних моделей на користь нелінійних, нерівноважних, самоорганізованих. В останні десятиріччя відбувся зсув економічної думки з кібернетичної на синергетичну концепцію моделювання [28].

О. Zmeskal у своїй роботі [184] вказує на те, що основною перевагою фракталів є можливість описати складні природні явища (розгалуження гілок дерева, капілярів, хмар, кора головного мозку тощо) за умови невеликого набору даних. Також приводиться думка про те, що фрактали застосовуються і

в змінах форми зубної коронки, при аналізі ракових клітин, а також в інших галузях науки: хімії, фізиці, географії, соціології тощо.

Каноненком В., Бехом О. та Мезенцевим О. [58] проведено дослідження функції за допомогою фрактальної теорії. Отримано функцію, що є індикатором локальної стабільності фінансового ряду.

Криза 2008 року показала, що існуючі на той момент індикатори не є ефективними і не здатні попереджати про настання критичних ситуацій в економіці. Через що значна чисельність науковців та фахівців почали розробляти нові та вдосконалювати вже існуючі індикатори. На сьогодні існують зведені індекси, які визначаються як середньозважені із основних груп індикаторів: випереджувальні, ті, що співпадають та ті, що запізнюються. В якості ваги використовуються оцінки ефективності індикаторів, що визначаються експертами за 6 характеристиками, такими як: 1) економічна значимість; 2) статистична адекватність - довжини наявних динамічних рядів, їх якість та інші; 3) відповідність - здатність індикаторів описувати поворотні точки у відповідності з реальною динамікою минулого періоду; 4) постійність - здатність відображати всі поворотні точки, які мали місце; 5) гладкість - чи є зміни динаміки індикаторів зламом кон'юнктури, чи ці зміни пов'язані з випадковими факторами; 6) оперативність - статистичні дані, які публікуються більш оперативно, одержують більш високі оцінки.

Середньозважена оцінка повинна, на думку дослідників, в значно більшій мірі відображати потенційну ефективність відповідного індикатора і тим самим дати надійні сигнали зміни економічної кон'юнктури [86].

У дисертаційній роботі запропонований комплекс економіко-математичних моделей, що дозволить в період стабільності прогнозувати волатильність часового ряду та відслідковувати в ретроспективі стан ринку за допомогою мультифрактального аналізу, а також аналізувати структуру часового ряду. На рис. 1.6. запропонована концептуальна схема, що спрощує поетапний процес застосування методів нелінійної динаміки та

економетричного інструментарію для моніторингу та прогнозування динаміки фінансових індикаторів.

Концептуальна схема полягає у відтворенні наступних етапів:

1. Формування вибірки часового ряду. Необхідно визначатись із індикатором для якого буде застосовуватись комплекс економіко-математичних моделей. Якої країни відповідно до цілей дослідження.

2. Вибір частоти даних (періодичності). Для того щоб отримати найточніші результати, а також відслідковувати динаміку у реальному часі, прогнозувати волатильність на день чи на кілька годин вперед, потрібно визначатись із частотою даних. Наприклад, щотижнево, щоденно, погодинно.

3. Вибір оптимального розміру часового вікна. Цей крок є важливим оскільки невелика вибірка може дати неефективні та неправдиві результати. Надто велика вибірка може завадити у відслідкуванні кризових явищ. У дисертаційній роботі розглядається приклад із часовим вікном розмір вибірки якого складає 500 спостережень.

4. Вибір періоду для аналізу часового ряду. Зазвичай варто брати період із запасом, для того щоб при проведенні мультифрактального аналізу, ми розуміли яка поведінка динаміки часового ряду.

5. Проведення мультифрактального аналізу детрендових флуктуацій. На цьому етапі варто звернути увагу на ряд показників, зокрема: α_{min} , α_{max} , $\Delta\alpha = \alpha_{max} - \alpha_{min}$ та α^* – значення, яке надає функції $F(\alpha)$ максимум: $F(\alpha^*)$ та відобразити їх динаміку графічно.

6. Змістити часове вікно, тобто відкинути одне значення минулого та додати одне наступне значення вибірки.

7. Повторити крок 5. З метою зображення стану досліджуваного індикатору.

8. Якщо у графічній інтепретації α_{min} , α_{max} , $\Delta\alpha$, $F(\alpha^*)$ – характеризуються стабільним розвитком динаміки, тоді переходимо до наступного кроку. Якщо ні – перейти до кроку 18.

9. Повторити крок 5.

10. Графічний та статистичний аналіз ряду для формування гіптези про вигляд специфікації моделі.
11. Вибір порядку ARMA моделі для наступного кроку.
12. Специфікація GARCH моделі.
13. Побудова прогнозів волатильності рядів.
14. Пошук часового ряду який теоретично повинен впливати на динаміку досліджуваного фінансового індикатору.
15. Специфікація моделі VAR та тестування моделей.
16. Аналіз імпульсних реакцій дослідження сили та тривалості впливу збурень.
17. Вибір оптимальної стратегії діяльності на фондовому ринку відповідно до отриманих результатів моделювання та аналізу.
18. Розробка інструментів впливу та заходів регулювання, стабілізації фондового ринку та зменшення наслідків кризи.

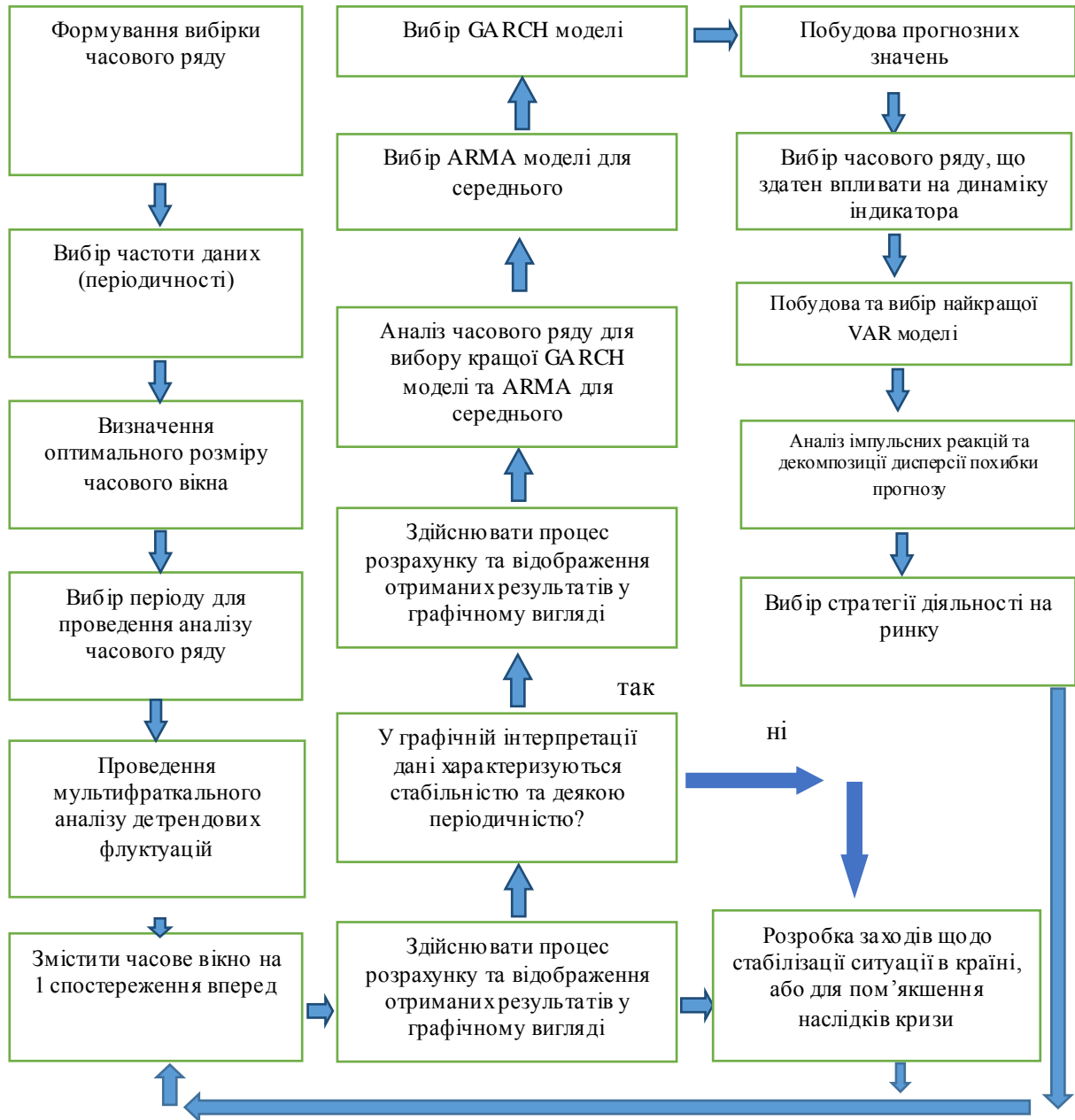


Рис.1.6 Концептуальна схема застосування економіко-математичного комплексу моделей моніторингу дохідності та прогнозування волатильності фінансового індикатора

Джерело: розроблено автором

На основі концептуальної схеми побудовано комплекс економіко-математичних моделей, що формалізовано у математичному вигляді рівнянь (1.3).

Перехід від одного інструменту дослідження до іншого відбувається поступово, після завершення попереднього етапу. Якщо на першому кроці маємо, що динаміка мінімального та максимального значень

мультифрактального спектру сингулярності $F(\alpha)$ характеризується стабільними коливаннями, тоді можна приступати до використання економетричних моделей.

Розрахунки за допомогою першого рівняння комплексу (1.3) відображено у розділі 2, підрозділу 2.2.

$$1) F(\alpha) = \max \{ \min_q (q(\alpha - h(q)) + 1, 0) \},$$

$$2) \ln \sigma^2 = -1,108 + 0,144 \cdot \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - 0,047 \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + 0,0985 \cdot \ln \sigma_{t-1}, \quad (1.3)$$

$$3) \begin{cases} WIG_{RETURN} = 0,09 \cdot WIG_{RETURN_{t-1}} \\ \quad - 3,16 \cdot RE_{t-1} + 0,03, \\ RE = (6,6e - 06) \cdot WIG_{RETURN_{t-1}} \\ \quad - 0,012 \cdot RE_{t-1} - 1,4e - 05; \end{cases}$$

Нелінійна економетрична модель пункту 2 детально протестована та проаналізована у розділі 3, підрозділу 3.2. Модель векторної авторегресії, що записана пунктом 3, специфікована та описана у розділі 3, підрозділу 3.3.

Економіко-математичний комплекс побудовано для аналізу та прогнозування динаміки на прикладі польського фондового індексу WIG. Тому застосовувати самі моделі економетричні моделі недоцільно для фондових індексів інших країн світу, проте саму концептуальну схему можна використовувати і для моделювання динаміки фондових індексів США, Японії, Китаю та Західної Європи. Це пов'язано у першу чергу із тим, що динаміка фондових індексів залежить переважно від тих галузей економіки країни цінні папери якої котируються на фондовому ринку.

Комплекс економіко-математичних моделей дозволяє вловлювати зміну властивостей на етапі мультифрактального аналізу. У випадку несприятливих умов, застосування економетричних інструментів для моделювання – є недоцільним. Якщо ж фондовий ринок характеризується

стабільністю динаміки та сприятливими умовами для діяльності на ринку, тоді за допомогою економетричних моделей можна спрогнозувати динаміку фінансового індикатору на короткостроковий період.

Висновок до розділу 1

Фондовий та валютний ринки являють собою динамічну систему, яка постійно розвивається. Фінансові індикатори відображають розвиток цих систем. Також це важливий інструмент, що допомагає виявляти тенденції на фінансових ринках. Їх використання сприяє формуванню та вдосконаленню заходів з прийняття рішень у економічній політиці. Розуміння поняття індикатора є необхідним та ключовим моментом, що дозволяє виявляти основні складові, які його формують. Такі фактори часто спричиняють кризові ситуації, моменти біфуркацій, коли ринок змінює напрям розвитку.

На сьогодні науковці, вчені, фахівці, трейдери використовують величезну кількість індикаторів, які є лінійними, а також беруть до уваги аналітичні звіти країн, експертів, що можуть вплинути на динаміку фінансового часового ряду. Зважаючи на це, варто відмітити, що лінійні методи не здатні цілком охопити всі аспекти розвитку динамічної системи та відслідкувати момент точки повороту, що спричинить розгортання нового етапу фінансового ринку. Для прогнозування майбутніх значень необхідною умовою є політична та економічна стабільність. Крім того, до моделей прогнозування динаміки ряду неможливо включити усі фактори впливу, тому що це буде погіршувати якість моделі і виникатимуть такі негативні явища, як гетероскедастичність, автокореляція, мультиколінеарність. Також не варто виключати і того, що значною мірою на стан економіки країни, фінансових ринків впливають політичні заходи уряду та Національного банку.

У роботі пропонується синтез двох методів аналізу і моделювання динаміки часових рядів а також концептуальну схему на основі якої проводиться дослідження фінансових індикаторів.

- 1) Розкрито зміст поняття «фінансовий індикатор», зокрема наведено приклади визначень поняття.
- 2) На основі семантичної інваріантності запропоновано власне визначення фінансового індикатора.
- 3) Проведено аналіз сучасних гіпотез, зокрема: фрактального та ефективного ринку, пояснено переваги гіпотези фрактального ринку.
- 4) Здійснено аналіз сучасних методів дослідження динаміки валютних курсів та фондових індексів як фінансових індикаторів, окреслено їх переваги та недоліки.
- 5) Представлено комплекс економіко-математичних моделей та концептуальну схему його застосування. Комплекс складається із таких методів аналізу та прогнозування, як мультифрактального аналізу та економетричних моделей GARCH та VAR.

Аналіз та узагальнення існуючих підходів та гіпотез дозволило виявити недоліки, визначити основні проблеми у дослідженні динаміки фінансових індикаторів.

Фінансові індикатори включають у себе частину даних макrorівня. Такими даними користуються інвестори, щоб визначити поточні чи майбутні інвестиційні можливості та оцінити стан економіки загалом

Результати моделювання та аналізу динаміки валютних курсів та фондових індексів як фінансових індикаторів може використовуватись і державою в особі уряду та державних фінансових організацій з метою оцінки сучасного стану фінансового ринку і економіки, а також для прогнозування динаміки індикаторів з метою посилення економічної безпеки держави та за необхідності здійснення регулювання функціонування фінансового ринку та його складових елементів.

Тому на сьогодні завдання моделювання фінансових індикаторів та їх аналіз є важливим завданням науковців та економістів.

Основні результати розділу опубліковано у працях автора [67, 91, 117]

РОЗДІЛ 2.

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФІНАНСОВИХ РЯДІВ

2.1 R/S аналіз. Виявлення фрактальних властивостей фінансових індикаторів

Часові ряди можна поділити на три групи: детерміновані, випадкові та хаотичні. На практиці помітно, що розвиток динаміки економічних процесів та явищ мають нелінійний, зокрема хаотичний характер. Внаслідок чого звичайні лінійні методи не є застосовними, а тому є потреба у застосуванні альтернативні методи моделювання динаміки та використанні складного метаметричного апарату.

Для аналізу економічних процесів найчастіше застосовуються такі методи та інструменти дослідження, як: нечіткі методи, нейронні мережі, генетичні алгоритми. Але врахувати властивість ринку, таку як самоорганізація такими методами при дослідженні динаміки не можна. Тому в деякій мірі це питання вдається дослідити за допомогою фрактальної теорії ринків. [130]

Фрактальний аналіз доцільно використовувати в тих випадках, коли процеси на ринках не можна представити у вигляді класичних моделей, тому що вони можуть розвиватись хаотично.

Метод R/S аналізу досліджує фрактальність часових рядів. Ця методика запропонована Б. Мандельбротом і ґрунтується на дослідженнях, що були проведені Херстом.

На сьогодні відомо багато методів розрахунку показника Херста. Цей показник відображає максимальний розмах котирувань валют чи цін на акції за визначений період.

У роботі [63] наведений приклад розрахунку показника Херста за методикою Мандельброта. Цей показник використовується як мірило

довготривалої пам'яті часових рядів, а його значення знаходиться в межах від 0,5 до 1.

Розраховувати показник Херста варто на основі не менше 128 спостережень.

Нехай маємо часовий ряд з m спостережень, перетворимо його в ряд довжини $N=m-1$ за допомогою логарифмічних співвідношень:

$$N_i = \log\left(\frac{M_{i+1}}{M_i}\right), \quad i = \overline{1, M-1}. \quad (2.1)$$

Поділимо отриманий часових ряд на A суміжних інтервалів довжини n , при цьому $A*n=N$. Кожен інтервал позначимо через I_a ($a = 1, 2, \dots, A$). Кожен із елементів інтервалу I_a позначимо N_k , де $k = 1, 2, \dots, n$ та $n \geq 10$. Визначимо для кожного інтервалу I_a середнє значення e_a за формулою (2.2):

$$e_a = \frac{\sum_{k=1}^n N_{k,a}}{n}, \quad (2.2)$$

Далі потрібно визначити накопичені відхилення від середнього значення ($X_{k,a}$) для кожного I_a :

$$X_{k,a} = \sum_{i=1}^k (N_{i,a} - e_a), \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (2.3)$$

Нормований розмах за кожним інтервалом I_a визначається за формулою (2.4):

$$R_{l,a} = \max (X_{k,a}) - \min (X_{k,a}), \quad \text{де } l \leq k \leq n. \quad (2.4)$$

За кожним інтервалом I_a визначається вибіркоче стандартне відхилення:

$$S_{l,a} = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) * \sum_{i=1}^k (N_{k,a} - e_a^2)} \quad (2.5)$$

Показник R/S за кожною групою розраховуємо як $R_{l,a}/S_{l,a}$. Після чого знайдемо середній розмах варіації:

$$(R/S)_n = \frac{\sum_{a=1}^A (R_{l,a}/S_{l,a})}{A}. \quad (2.6)$$

Довжина n збільшується до наступного, значно більшого значення. Етапи розрахунку повторюються до моменту, коли $(M - 1)/2$.

Далі розраховується індекс Херста:

$$R/S_n = c \cdot n^H, \quad (2.7)$$

де R/S_n – розмах розкиду змінної x (максимальне значення ряду мінус мінімальне сум чи часткових сум x , після вирахування вибіркового середнього, що поділено на стандартне відхилення вибірки). При цьому змінюється масштаб у міру збільшення часового інтервалу N згідно із степеневою залежністю від H , яка є типовою для фрактальних структур, c – константа, H – індекс Херста.

Для знаходження показника будується регресія, де залежною змінною буде логарифм R/S_n , а незалежною – логарифм n :

$$\log R/S_n = \log c + H \cdot \log n \quad (2.8)$$

Відрізок, що відтинається на координатній осі, є оцінкою $\log(c)$, константою. Нахил рівняння є оцінкою показника Херста H .

За значенням показника Херста H можна зробити висновок про випадковість або персистентність розглянутих даних [4].

Якщо x – білий шум (нульове середнє, нульова стійкість), тоді діапазон сукупностей збурень, що формує випадкові блукання, масштабується на стандартне відхилення, зростає як квадратний корінь розміру ряду, даючи очікуване значення показника Херста 0,5.

Якщо отримане значення перевищує 0,5, тоді можна зробити висновок про персистентність, тобто ряд являє собою узагальнений броунівський рух і

характеризується довготривалою пам'яттю. Це означає, що те, що відбувається сьогодні впливає на майбутнє.

Якщо значення Херста знаходиться в межах від 0 до 0,5, тоді можна зробити висновок про антиперсистентність. Такий часовий ряд є значно мінливішим за випадковий ряд, тому що постійно коливається. Якщо ми спостерігаємо спад у попередньому періоді, тоді у наступному варто очікувати зростання і навпаки.

При $H=0,5$ – відповідає звичайному білому гаусівському шуму, випадковому броунівському блуканню, тобто процесу, що позбавлений пам'яті [37].

Фрактальна динаміка – це напрям фрактальної теорії, що вивчає динаміку цілісних структур та систем, які проявляють властивості самоподібності при зміні їх стану в часі за умови, що зберігається структура та форма системи. Для дослідження неправильних фрактальних об'єктів введено поняття фрактальної розмірності.

Фрактальна розмірність часового ряду дає уявлення про те, наскільки часовий ряд є порізаним. Якщо лінія змінює масштаб згідно з прямим лінійним масштабом, тоді її фрактальна розмірність рівна одиниці. Проте випадкові блукання мають п'ятдесят на п'ятдесят шансів підвищення або падіння динаміки. Тоді фрактальна розмірність випадкового часового ряду складає 1,5. Якщо фрактальна розмірність знаходиться між 1 і 1,5, тоді часовий ряд – більш ніж лінія і менше, ніж випадкове блукання. Він більш згладжений порівняно з випадковим блуканням, але є більш порізаним, ніж лінія [12].

Формулу (2.8) можна використати для визначення фрактальної розмірності динаміки цін певного активу, в тому числі і валютних курсів. Фрактальна розмірність часового ряду важлива, тому що вона визнає, що процес може бути детермінованим (лінія з фрактальною розмірністю) або випадковим (фрактальна розмірність 1,5).

Показник Херста (H) відображає максимальний розмах цін за визначений період. Значення показника завжди коливається в межах від 0 до 1. Емпіричне відкриття Херста показало, що цей показник завжди більше 0,5, якщо ж його значення коливається в межах від 0,5 до 1, це свідчить про те, що часовий ряд характеризується стійкими тенденціями, тобто є персистентним. Якщо значення Херста в межах від 0 до 0,5 – ряд є антиперсистентним. А при рівності показника 0,5 досліджуваний часовий ряд є броунівським рухом.

Використовуючи показник Херста можна перейти до фрактальної розмірності:

$$D = 2 - H, \quad (2.9)$$

де H – індекс Херста. [12]

Такий підхід був застосований для дослідження динаміки валютних курсів на фінансовому ринку України. На рис. 2.1. показано динаміку котирувань валютних курсів на фінансовому ринку України.

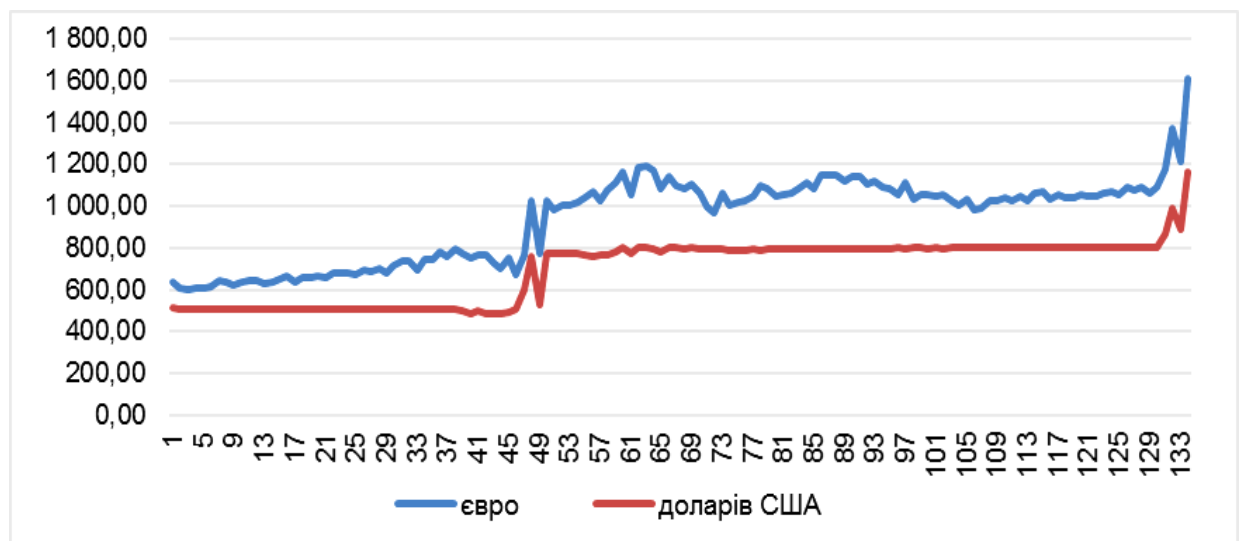


Рис. 2.1. Котирування євро та долара на фінансовому ринку України з 2006 по 2014, щомісячно

Джерело: Побудовано автором на основі [88]

Динаміка котирування курсу долара США по відношенню до гривні протягом тривалого періоду характеризувалась стабільністю, проте можна зробити висновок, що в Україні застосовувалась стримуюча політика та

втручання у регулювання котирування валюти на фінансовому ринку України. Помітно, що 2008 та 2014 роки для України є кризовими. У 2008 році – економічного характеру через глобальну фінансову кризу гривня девальвувала майже вдвічі.

Під час 7-ї щорічної конференції Інституту Адама Сміта «Український банківський форум» 2012 року директор департаменту аналізу та прогнозування грошово-кредитного ринку НБУ Сергій Кораблін зазначив, що поступове підвищення курсової гнучкості національної валюти є неминучим явищем. Серед іншого він відзначив, що забезпечення цінової стабільності є основним завданням Національного банку України, а завдання обов'язкового утримання курсу гривні Нацбанком законодавчо не передбачено. [114]

За словами Президента Асоціації українських банків Олександра Сугоняко, таким чином Національний банк фактично підтвердив, що стримування курсу гривні було штучної і тимчасовим заходом, що продиктована передвиборними потребами. За його словами, з кінця минулого року курс гривні штучно стримувався за рахунок пригнічення національної економіки [106]

Для дослідження будемо використовувати дані щодо котирування євро на валютному ринку України. У таблиці 2.1. значення показника Херста дорівнює 0,996, що свідчить про персистентність часового ряду.

Таблиця 2.1

Результати розрахунку показника Херста для котирування часового ряду

Rescaled range figures for euro

Розмір	RS(avg)	log(Розмір)	log(RS)
100	42,961	6,6439	5,4249
50	16,382	5,6439	4,0340
25	9,7258	4,6439	3,2818
12	4,9013	3,5850	2,2932

Результати регресії (n = 4)

	коэф.	Ст. похибка
Константа	-1,3516	0,47994
Кутов. коеф.	0,99630	0,091350
Оцінка моделі експонента Херста = 0,996297		

Джерело: Побудовано автором на основі [88]

Отже, ряд характеризується довготривалою пам'яттю. Останні дані для розрахунку показника були взяті за квітень 2014 року. Так як періодичність вибірки щомісячна, то можна спрогнозувати, що в травні різких змін не передбачається, а тому котирування валютного курсу буде зберігати тенденцію. Порівнявши значення в квітні, де 100 євро = 1 576,38 грн. та на початок червня сума становить 1602,8126 грн., можна зробити висновок про те, що за допомогою показника Херста ми виявили, яким є часовий ряд. Відповідно можна зробити прогноз на майбутнє [88].

Проте досліджуваний ряд внаслідок перевірки на стаціонарність виявився нестационарним і для подальшого дослідження було взято перші різниці. Внаслідок чого було отримано результати наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Результати розрахунку показника Херста для перших різниць котирування часового ряду

Rescaled range figures for d_euro

Розмір	RS(avg)	log(Розмір)	log(RS)
99	12,224	6,6294	3,6117
49	8,0234	5,6147	3,0042
24	5,1549	4,5850	2,3659
12	3,7412	3,5850	1,9035

Результати регресії (n = 4)

	коэф.	Ст. похибка
Константа	-0,17347	0,12925
Кутов. коэф.	0,56722	0,024721
Оцінка моделі		
експонента Херста = 0,567219		

Джерело: Побудовано автором на основі даних Національного

Зважаючи на те, що показник Херста у таблиці 2.2. все ще знаходиться в межах $0,5 < H < 1$, що свідчить про персистентність часового ряду, проте наближається до значення 0,5. Тому варто зробити дослідження для щоденної вибірки котирування як євро, так і долара США.

На рис.2.2 помітно, що євро та долар зберігають схожу тенденцію. Коливання на графіку майже відсутні у період економічної та політичної стабільності.

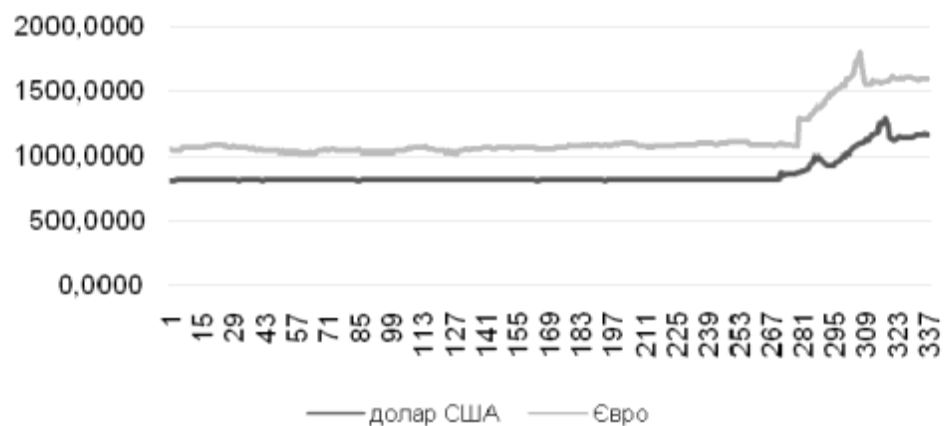


Рис. 2.2. Динаміка котирування курсу євро та долара США на міжбанківському валютному ринку, щоденно

Джерело: Побудовано автором на основі [88]

Порівняємо рис. 2.2 із графіком динаміки валютної пари, що відображено на додатку А, припущення про стримуючу політику уряду та Національного банку, що було викладено при охарактеризуванні та аналізу рис. 2.1, підтверджується. Це спричинено тим, що коливання динаміки валютної пари, що відображено на додатку А, залежать від різних факторів

впливу економічного чи політичного характеру, а уряд США та ЄС не здійснюють жорсткого стримуючого впливу.

Не зважаючи на те, що в США та ЄС вільноплаваючий валютний курс на відміну від України, при якому нема офіційного встановлення обмінного курсу, проте участь держави у регулюванні функціонування валютного ринку допускається. Рівень валютного курсу формується завдяки попиту та пропозицію на валюту, які в свою чергу обумовлені діями гравців на валютному ринку. У випадку здешевлення валюти, національні товари теж дешевшають, що спричиняє зростання обсягу експорту товарів та послуг. Якщо валюта дорожчає, то відповідно і національні товари та послуги зростають у ціні і як наслідок цього скорочується експорт та зростає частка імпортованих товарів та послуг. За такого режиму валютний курс апріорі буде волатильним. У період економічної та політичної стабільності волатильність національного курсу валюти буде характеризуватись низькою волатильністю, і навпаки, в період кризи, політичної чи економічної нестабільності волатильність валютного курсу збільшуватиметься.

Прагнення забезпечити сприятливі умови для ведення бізнесу, поповнення держбюджету спричиняють впровадження урядом регуляторних заходів. Тому сучасна валютна система у чистому вигляді не може бути системою гнучкого валютного курсу. Звідси валютний курс є важелем державного впливу на ринкову економіку. Розрахуємо показник Херста для котирування валютного курсу долар/гривня. Перед цим знайдемо перші різниці ряду. Результати застосування R/S аналізу для перших різниць ряду долар/гривня наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

**Результати розрахунку показника Херста для котирування часового ряду
d_dollar, щоденні дані**

Rescaled range figures for d_dollar

Розмір	RS(avg)	log(Розмір)	log(RS)
336	40,154	8,3923	5,3275
168	16,615	7,3923	4,0544
84	7,3838	6,3923	2,8844
42	5,8752	5,3923	2,5546
21	3,7942	4,3923	1,9238
10	2,5593	3,3219	1,3558
	коэф.	Ст. похибка	
Константа	-1,3986	0,53003	
Кутов. коэф.	0,75083	0,086487	
Оцінка моделі експонента Херста	=		
	0,750828		

Джерело: Побудовано автором на основі [88]

Значення показника Херста дорівнює 0,75 для перших різниць курсу долара США, а отже, досліджуваний часовий ряд є персистентним. Щодо різниць курсу євро на валютному ринку України, то на основі отриманих результатів при розрахунку показника Херста можна зробити висновок про те, що вибірка є персистентною, тобто має довготривалу пам'ять, що відображено у таблиці 2.4..

Таблиця 2.4

**Результати розрахунку показника Херста для котирування часового ряду
d_euro, щоденні дані**

Rescaled range figures for d_euro

Розмір	RS(avg)	log(Розмір)	log(RS)
336	37,648	8,3923	5,2345
168	19,173	7,3923	4,2610
84	11,948	6,3923	3,5787
42	7,5751	5,3923	2,9213

21	4,4525	4,3923	2,1546
10	2,8856	3,3219	1,5289
		коэф.	Ст. похибка
Константа	-0,96052	0,16045	
Кутов. коэф.	0,72108	0,026181	
Оцінка моделі			
експонента Херста = 0,721077			

Джерело: Побудовано автором на основі [88]

Метод є перспективним для застосування у дослідженні динаміки фінансових рядів. Показник Херста може слугувати індикатором, який здатний сигналізувати про появу негативних тенденцій на фінансовому ринку. Підтвердженням цього є апробація методу на даних Національного банку України щодо котирування валют.

Мультифрактальний аналіз варто використовувати, тому що економічні процеси є складними і описати їх одним показником складно. Можна лише сказати про загальну картину та з певною ймовірністю передбачити чи буде спад, чи зростання у наступних періодах. За допомогою мультифрактального аналізу детрендових флуктуацій можна більш повно описати поведінку досліджуваного об'єкту.

На думку А. Сіроша та Д. Семьонова [100], використовуючи мультифрактальний аналіз можна виявити глобальні та локальні характеристики часових рядів, що дозволить прогнозувати та передбачати кризові явища на фінансовому ринку.

Метод R/S-аналізу, що був розроблений Мандельбротом і вдосконалений Петерсом [185] та іншими дослідниками, дозволяє обчислювати показник самоподібності, що називають коефіцієнтом Херста. Свою назву він отримав на честь відомого британського гідролога, який використовував подібний показник в своєму попередньо створеному методі гідрологічного аналізу Херста [169]. Ідея цього методу і лягла в основу методу

R/S-аналізу. Показник Херста H за *R/S* аналізом вимірює інтенсивність довгострокових залежностей (також говорять про довгострокові кореляції) у часовому ряді. Його значення містить мінімальні відомості стосовно природи системи, що вивчається, за значеннями показника можна відрізнити випадкові ряди від не випадкових, навіть якщо вони не є гаусові [159].

Отже, згідно із показником Херста часові ряди можна класифікувати наступним чином:

1) якщо $H > 0,5$, то ряду притаманна властивість персистентності. Ряд характеризується ефектами довгострокової пам'яті і має схильність дотримуватися трендів. Якщо ряд зростає (спадає) в попередній період, то скоріше за все він буде зберігати таку тенденцію ще деякий час в майбутньому. Трендостійкість поведінки збільшується при наближенні H до одиниці. Персистентний часовий ряд – найбільш розповсюджений, що зустрічається в природі, а також в економіці, і на фондових ринках. Такий ряд називають узагальненим броунівським рухом або фракталом. Ринок, що демонструє таку динаміку, називають фрактальним;

2) $H < 0,5$ – таке значення означає антиперсистентність, ряд змінює напрям руху частіше, ніж випадковий ряд. Спостереження залежні, і в цьому випадку кожне з них несе пам'ять про попередні події. Ринок нестійкий. Чим ближчі значення H до нуля, тим нестійкішою є динаміка цін (за підйомом слідує падіння та навпаки);

3) $H = 0,5$ – таке значення відповідає випадковому блуканню. Спостереження випадкові і незалежні. Такий процес повністю позбавлений пам'яті. Ринок в такому стані функціонує згідно з гіпотезою ефективного ринку.

4) $H > 1$ – явище, що зустрічається дуже рідко. Виникають незалежні стрибки амплітуди, що мають розподіл за Леві. Аналогічно класифікують ряди і модифіковані показники Херста. Проте сенс зазначених показників інтерпретується дещо інакше [112].

2.2 Мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій, як інструмент моніторингу кризових явищ

Сьогодні дослідження фрактальних та мультифрактальних властивостей фінансових індикаторів є досить широко використовуваним. До фрактальних об'єктів відносять лінії, поверхні, тіла, що мають сильно порізану форму та демонструють деяку повторюваність на великих часових проміжках. Фрактальні часові ряди – це цілий клас кривих, які використовуються при описі й моделюванні багатьох явищ та процесів. Аналіз часових рядів за допомогою фрактальних методів дозволяє послідовно досліджувати еволюцію складних систем на основі відносно невеликої вибірки даних.

Однією з найважливіших кількісних характеристик фрактальних об'єктів є поняття фрактальної розмірності, або показника скейлінга, що описує повторюваність геометрії (для регулярних фракталів) або статистичних характеристик (для нерегулярних фракталів) при зміні масштабу. Однак в різних наукових областях зустрічається безліч явищ, що вимагають поширення поняття фрактала на більш складні структури, які характеризуються спектром показників фрактальної розмірності – мультифрактали [83].

Першими, хто запропонував мультифрактальний аналіз як інструмент дослідження нестационарних часових рядів був запропонований такими вченими, як Мандельброт Б., Г. Паладин, А. Вульпіані, А. Бунд.

Спочатку такий метод дослідження використовувався у фізиці. Проте важко знайти галузь науки, де б не можна було зустріти мультифрактали.

Для опису фракталу достатньо однієї величини – фрактальної розмірності. Проте мультифрактали є складними та неоднорідними об'єктами. Для того, щоб їх охарактеризувати, потрібен цілий спектр фрактальних розмірностей. Більшість об'єктів чи то в природі, чи в економіці є мультифракталами.

Фрактальні часові ряди часто зустрічаються у вигляді сингулярних функцій. Для аналізу структури сигналу найціннішим є наявність строгого математичного підходу [72].

Фрактали утворені внаслідок непередбачуваних рухів оточуючого нас хаотичного світу. Найважливішою якісною властивістю фракталів є властивість самоподібності. Під цим розуміється, що об'єкт або процес є статистично подібним на різних масштабах, кожен з яких нагадує масштаби, проте не ідентичні.

У сучасному світі теорія мультифракталів широко використовується для опису властивостей самоподібності і складного скейлінгу [102, 120, 125, 153, 168, 175, 178, 188].

Одним із методів мультифрактального аналізу є мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій [109]. За допомогою такого інструменту можна досліджувати часовий ряд, поділяючи його на часові проміжки, та виявляти монофрактальну чи мультифрактальну структуру.

Більшість фрактальних явищ та процесів не характеризуються однорідною фрактальною структурою [21].

Такий підхід щодо аналізу фінансових індикаторів, що базується на аналізі залежностей стандартного відхилення або розмаху вибірки від її довжини. Запропонований метод є надійнішим у порівнянні з іншими видами мультифрактального аналізу.

Нехай маємо $x(t)$, що є випадковим процесом. Визначимо в якості міри $\mu_x(t, \delta)$ мінливості сигналу $x(t)$ на інтервалі $[t; t + \delta]$ модуль його приросту $\mu_x(t, \delta) = |x(t + \delta) - x(t)|$ [72]. Знайдемо середнє значення модуля таких мір в степені q :

$$M(\delta, q) = M\{(\mu_x(t, \delta))^q\} \quad (2.10)$$

Випадковий процес називається масштабно-інваріантним, якщо $M(\delta, q) \sim |\delta|^{\rho(q)}$ при $\delta \rightarrow 0$, тобто існує границя:

$$\rho(q) = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\ln M(\delta, q)}{\ln \delta} \quad (2.11)$$

У формулах (2.10) та (2.11) величина міри $\mu_x(t, \delta)$ може бути взята як розмах, що ближче до традиційних конструкцій Херста:

$$\mu_x(t, \delta) = \max_{t \leq u \leq t+\delta} x(u) - \min_{t \leq u \leq t+\delta} x(u) \quad (2.12)$$

Якщо залежність $\rho(q)$ є лінійною: $\rho(q) = Hq$, де $H = \text{const}$, $0 < H < 1$, тоді процес називається монофрактальним. Для класичного броунівського руху $H = 0,5$. Піднесення до степеня q підкреслює різні типи поведінки сигналу, зокрема часового ряду. Якщо $q > 0$, то у значення міри, що описується формулою (2.10), основний внесок роблять інтервали часу з великими відхиленнями від тренду. Якщо $q < 0$, то інтервали часу з меншими варіаціями. Для того, щоб обчислити функцію $\rho(q)$ по скінченній вибірці із часового ряду $x(t), t = \overline{1, N}$, можна застосувати метод детрендових флуктуацій (DFA). Нехай s – число відліків, асоційоване з варійованим масштабом $\delta_s: \delta_s = s\Delta t$. [72] Розіб'ємо вибірку на малих інтервалах, що не перетинаються, довжиною s відліків:

$$I_k^{(s)} = \{t: 1 + (k-1)s \leq t \leq ks, k = \overline{1, [N/s]}\} \quad (2.13)$$

Нехай

$$y_k^{(s)}(t) = x((k-1)s + t), t = \overline{1, s} \quad (2.14)$$

частина часового ряду $x(t)$, що відповідає інтервалу $I_k^{(s)}$. Нехай $p_k^{(s,m)}(t)$ – поліном порядку m , підібраний метом найменших квадратів для сигналу $y_k^{(s)}(t)$. Розглянемо відхилення від локального тренду:

$$y_k^{(s,m)}(t) = y_k^{(s)}(t) - p_k^{(s,m)}(t), t = \overline{1, s} \quad (2.15)$$

Обчислимо значення:

$$Z^{(m)}(q, s) = \left(\sum_{k=1}^{[N/s]} (\max_{1 \leq t \leq s} \Delta y_k^{(s,m)}(t) - \min_{1 \leq t \leq s} \Delta y_k^{(s,m)}(t))^q / [N/s] \right)^{1/q} \quad (2.16)$$

яке будемо розглядати як оцінку для $(M(\delta_s, q))^{1/q}$. Процедура усунення тренду на кожному невеликому проміжку довжиною s спостережень є необхідною у випадку наявності в сигналі трендів зовнішнього походження. Визначимо функцію $h(q)$ як коефіцієнт лінійної регресії між значеннями $\ln Z^{(m)}(q, s)$ та $\ln(s)$: $Z^{(m)}(q, s) \sim s^{h(q)}$. Очевидно, що $\rho(q) = qh(q)$, а для монофрактального процесу $h(q) = H = const.$ [72].

Наступним кроком мультифрактального аналізу після визначення функції $\rho(q)$ є обчислення спектра сингулярності $F(\alpha)$, який є фрактальною розмірністю множини точок, в околі яких показник Гельдера-Ліпшица для випадкових реалізацій процесу $x(t)$ рівний α , тобто таких точок t , для яких $|x(t + \delta) - x(t)| \sim |\delta|^\alpha, \delta \rightarrow 0$. Стандартний підхід полягає в обчисленні статистичної суми Гіббса:

$$W(q, s) = \sum_{k=1}^{[N/s]} \left(\max_{1 \leq t \leq x} \Delta y_k^{(s,m)}(t) - \min_{1 \leq t \leq x} \Delta y_k^{(s,m)}(t) \right)^q \quad (2.17)$$

та визначення показника маси $\tau(q)$ із умови $W(q, s) \sim s^{\tau(q)}$, після чого спектр $F(\alpha)$ обчислюється за формулою:

$$F(\alpha) = \max \{ \min_q (\alpha q - \tau(q)), 0 \} \quad (2.18)$$

Порівнюючи формули (2.17) та (2.18) можна помітити, що $\tau(q) = \rho(q) - 1 = qh(q) - 1$.

Таким чином, $F(\alpha) = \max \{ \min_q (q(\alpha - h(q)) + 1, 0 \}$.

Для монофрактального процесу, коли $h(q) = H = const$, отримуємо, що $F(H) = 1$ та $F(\alpha) = 0 \forall \alpha \neq H$. Зокрема, положення та ширина носія спектру $F(\alpha)$, тобто значення $\alpha_{min}, \alpha_{max}, \Delta\alpha = \alpha_{max} - \alpha_{min}$ та α^* — значення, яке надає функції $F(\alpha)$ максимум: $F(\alpha^*) = \max_{\alpha} F(\alpha)$, є характеристиками

шуму. Величину α^* можна називати узагальненим показником Херста. Для монофрактального сигналу теоретично $\Delta\alpha$ повинно дорівнювати нулю, а $\alpha^* = H$, але на практиці, внаслідок скінченості вибірки, такі умови не виконуються. Що стосується значення $F(\alpha^*)$, то воно дорівнює фрактальній розмірності точок, для околу яких виконується масштабує співвідношення $M(\delta, q) \sim |\delta|^{\rho(q)}$ [72].

Якщо оцінювати спектр $F(\alpha)$ в кожному часовому вікні, то його еволюція може дати інформацію про зміну структури хаотичних коливань. Зазвичай $F(\alpha^*) = 1$, але зустрічаються вікна, для яких $F(\alpha^*) \leq 1$. В загальному випадку (не тільки для аналізу часових рядів) величина $F(\alpha^*)$ дорівнює фрактальній розмірності носія мультифрактальної міри.

Нахил графіків лінійних трендів є функцією $h(q)$, за значеннями якої обчислюється показник маси $\tau(q) = qh(q) - 1$, а далі згідно формули (2.18), і сам спектр сингулярності. Щодо аналізу $F(\alpha^*)$, то аналіз динаміки показника допомагає визначити аномальну поведінку часового ряду. Першою ознакою цього є «провал» вниз значення $F(\alpha^*)$. Така поведінка свідчить про появу в часовому ряді компоненти, поведінка якої сильно відрізняється від поведінки випадкової самоподібної кривої. Крім того, варіації найбільш типового показника Гельдера-Ліпшица α^* та ширини носія $\Delta\alpha^*$ спектра сингулярності можуть інформувати про зміну властивостей часового ряду, які є прихованими від їх виділення більш простими засобами аналізу типу лінійної фільтрації [72].

На рис.2.3(б) представлені графіки як самих величин $\ln Z^{(m)}(q, s)$, так і лінійних трендів, що підігнані для 9 різних значень степенів q . Нахил графіків лінійних трендів – це функція $h(q)$, за допомогою якої обчислюється показник маси $\tau(q) = qh(q) - 1$, а далі згідно формули (2.18) обчислюється спектр сингулярності. [72]

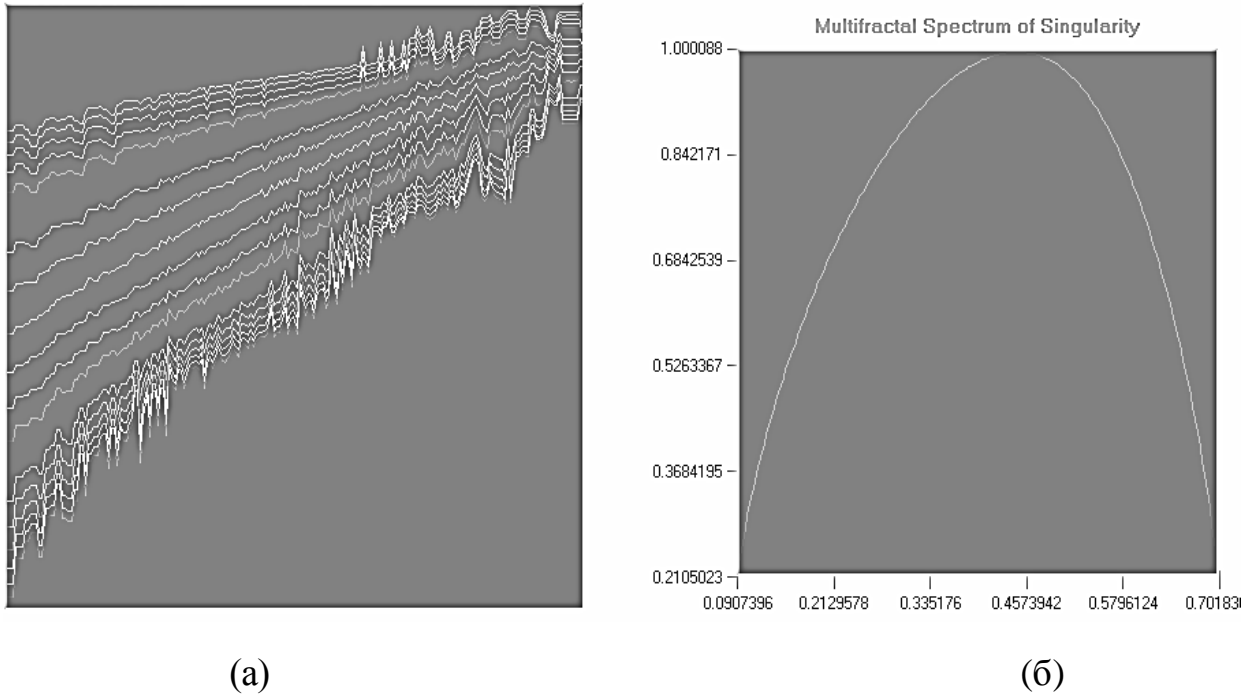


Рис. 2.3 Оцінка спектру сингулярності (а) та залежностей $\ln Z^{(m)}(q, s)$ для різних значень степеня q (б).

Джерело: розраховано автором на основі [116]

Мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій (МФАДФ) ґрунтується на гіпотезі про те, що корельований часовий ряд можна відобразити як самоподібний процес. Дослідження властивостей самоподібності може свідчити про кореляційні властивості ряду. Перевагою даного методу у порівнянні з іншими, такими як спектральний аналіз, R/S-аналіз, полягає у тому, що МФАДФ дозволяє виявити довгострокові кореляції у нестационарних часових рядах. Також описаний вище метод аналізу часових рядів надає можливість визначати наявність мультискейлінга (за його наявності), а це дозволяє зробити висновок про існування композиції різних механізмів утворення та формування значень ряду.

Проте незважаючи на значне число публікацій та досліджень динаміки фрактальних об'єктів, таких як фінансові індикатори, можливості МФАДФ на сьогоднішній день детально не досліджені. Зазвичай у наукових працях представлена інформація про наявність мультискейлінгової структури та розрахунок спектру сингулярності без аналізу отриманих результатів. Лише

невелика кількість праць в сфері медицини, сейсмології досліджує фрактальні властивості об'єктів більш поглиблено [112].

Фондовий ринок – це важлива підсистема економіки країни, завдяки якій полегшується забезпечення стійкого економічного зростання й стабільності за допомогою залучення інвестицій та перерозподілу їх у реальний сектор економіки країни.

Постійний розвиток та зростання і ефективне функціонування, стабільність в кризові періоди на фондовому ринку сприяють прискоренню обороту капіталу, прискоренню економічних процесів, розвитку національної економіки, зростанню обсягів ВВП. Тому дослідження динаміки фінансового індикатора, такого як фондовий індекс ПФТС, є актуальним завданням.

Найчастіше для аналізу динаміки фінансових індикаторів застосовується фундаментальний та технічний аналіз.

На сучасному етапі досліджень все частіше використовуються нелінійні методи та інструменти в прогнозуванні та аналізі фінансово-економічних систем. Такі системи є складними та мають такі властивості: синергія, емерджентність, хаотичність. Застосування нелінійних методів дослідження дозволить на якісно іншому рівні інтерпретувати динаміку такої складної системи, як фондовий ринок. Це пов'язано з тим, що більшість лінійних методів не враховують випадкову компоненту, яка є чи не найважливішою у дослідженні фінансових часових рядів.

Немало праць присвячено дослідженню фондових ринків. Кравець [190, 4] досліджує ефекти синхронізації на фондових ринках, валютного ринку за допомогою мультифрактального аналізу з вейвлет перетвореннями. Дубовиков [34] описує мультифрактальні методи для досліджень складних соціально-економічних систем та їх динаміку, а також інші методи нелінійного моделювання. Сірош [100] застосовує мультифрактальний аналіз при дослідженні фондових індексів США, Європи, Австралії та України.

Дослідженню фондових індексів, фондового ринку із застосуванням мультифрактального аналізу присвятили свої роботи такі іноземні вчені: Е.

Петерс [93], Я. Корбел та П. Джизба [176], М. Ауслус [135], П. Караіані [146], Л. Кириченко [60], М. Дубовиков [151], А. Марков, К. Кривоносова, А. Любушин [73], В. Романов, В. Слепов, М. Бадріна, А. Федеряков [187].

Тому для дослідження динаміки фінансового індикатора, такого як фондовий індекс ПФТС застосовано метод мультифрактального аналізу задля виявлення фрактальних властивостей на часовому проміжку з 2001 по 2016 роки.

Після перевірки досліджуваних даних на наявність одиничного кореня за критерієм Дікі-Фуллера виявлено нестационарність індексу ПФТС. Тому для аналізу динаміки даного фінансового індикатора буде досліджуватись його дохідність.

Фінансові системи являють собою один із прикладів таких систем, в яких досліджувані дані не є нормально розподіленими чи хоча б наближеними до нормального розподілу даних.

Розглянемо рис. 2.4. Він відображає основні числові характеристики, розподіл даних.

Оскільки на рис. значення $p\text{-value} < 0,05$, то гіпотеза про те, що дані розподілені за нормальним законом відхиляється. Це помітно, якщо здійснити графічний аналіз отриманих результатів, дані є асиметричними, спостерігається гостроверхість графіку, тобто наявний позитивний ексцес.

За критерієм Жака-Бера підтверджено, що фондовий індекс ПФТС, зокрема його дохідність, не є нормально розподіленим.

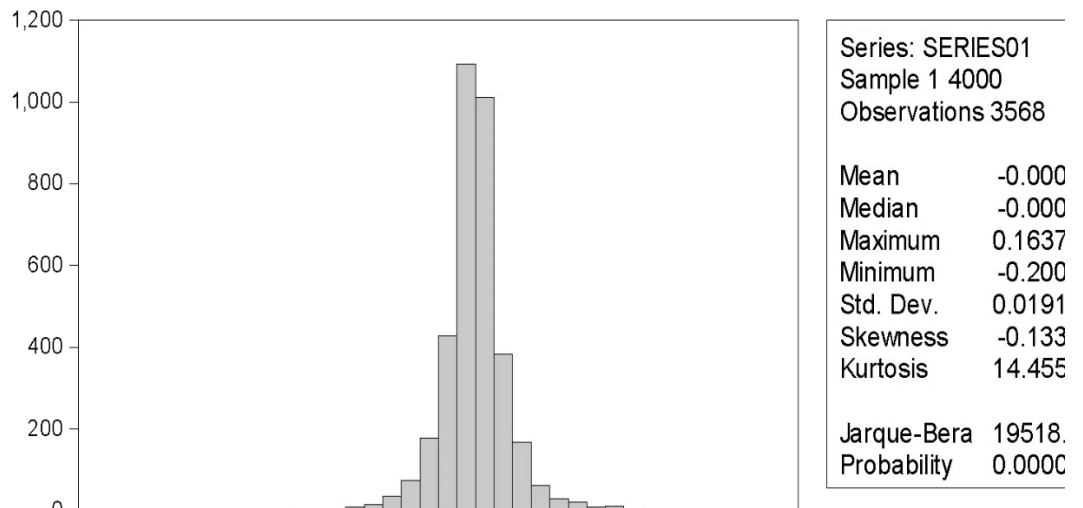


Рис. 2.4 Тест Жака-Бера на нормальність розподілу даних для дохідності ПФТС

Джерело: Побудовано автором на основі [56]

Тому для аналізу таких систем був запропонований метод нормованого розмаху, зокрема R/S аналіз. Метод дає можливість виявити чи досліджуваний часовий ряд є випадковим чи фрактальним, крім того можна зробити висновки про неперіодичність циклів та наявність довгострокової пам'яті.

На рис.2.5 відображено результати розрахунків за формулою (2.8).

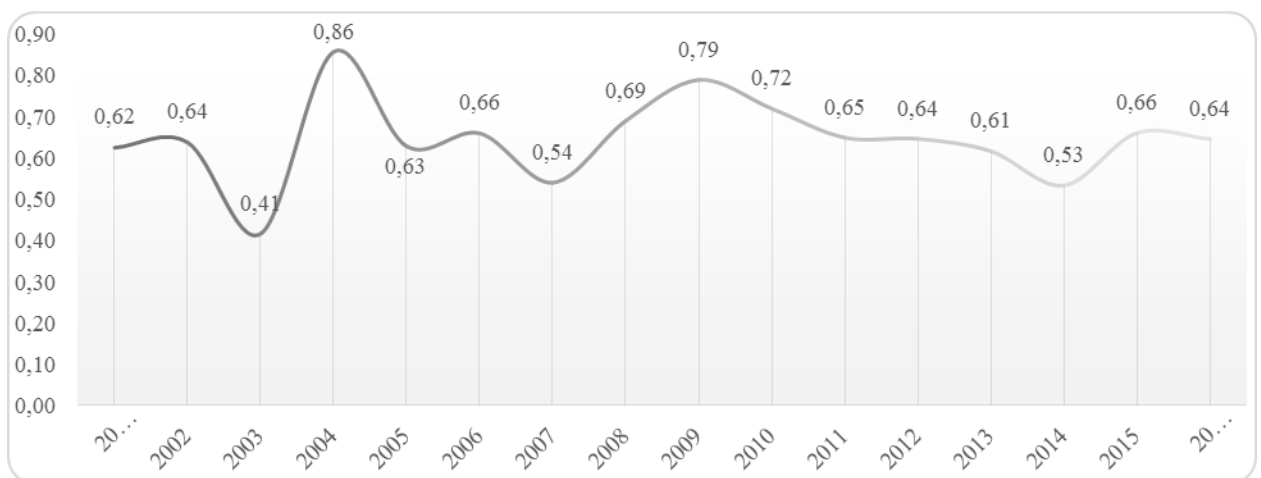


Рис. 2.5. Динаміка індексу Херста для дохідності ПФТС для монофрактальних часових рядів

Джерело: Побудовано автором на основі [56]

У більшості випадків на часових проміжках індекс Херста $H > 0,5$. Це свідчить про те, що у досліджуваних часових рядів наявна фрактальна структура та ряди є персистентними. Персистентність означає, що часові ряди характеризуються пам'яттю і будуть зберігати тенденцію.

Проте цікавим є те, що у 2007 та 2014 році часовий ряд ближче до 0,5, а це означає, що проявляються властивості броунівського руху. Якщо показник Херста на конкретному ринку дорівнює 0,5, то це підтверджує гіпотезу ефективного ринку, проте такі випадки є дуже рідкісними на практиці і швидше випадковими, ніж закономірними.

Цікавим є те, що у 2003 році індекс Херста менший за 0,5, що свідчить про антиперсистентність, для такого ряду більш імовірна зміна попереднього напрямку.

Перед початком кризи значення індексу зростає, а з лагом в 1 рік починається різкий спад. Отже, отримані розрахунки індексу Херста для дохідності ПФТС є свого роду індикатором або передвісником кризи.

Часовий ряд може мати властивості монофрактала або мультифрактала. Монофрактал – це часовий ряд який на різних проміжках характеризується однаковим коефіцієнтом масштабування. Мультифрактал – це комплекс фракталів, що змінюють один одного на різних проміжках із зміною скейлінгового параметра масштабування [85].

За допомогою методу мультифрактального аналізу детрендових флуктуацій можна визначити наявність мультискейлінга у рядів (у випадку його існування), що свідчить про використання для формування значень ряду композиції різних механізмів утворення цих значень.

Якщо $\alpha^* = \text{const}$, тоді можна говорити про те, що досліджуваний ряд є монофракталом на всіх або хоча б на деяких інтервалах часових вікон. Проте в нашому випадку для індексу ПФТС α^* змінюється на різних часових вікнах, отже, досліджуваний фінансовий індикатор проявляє властивості мультифрактального часового ряду. Висновок сформований на основі рис. 2.6.

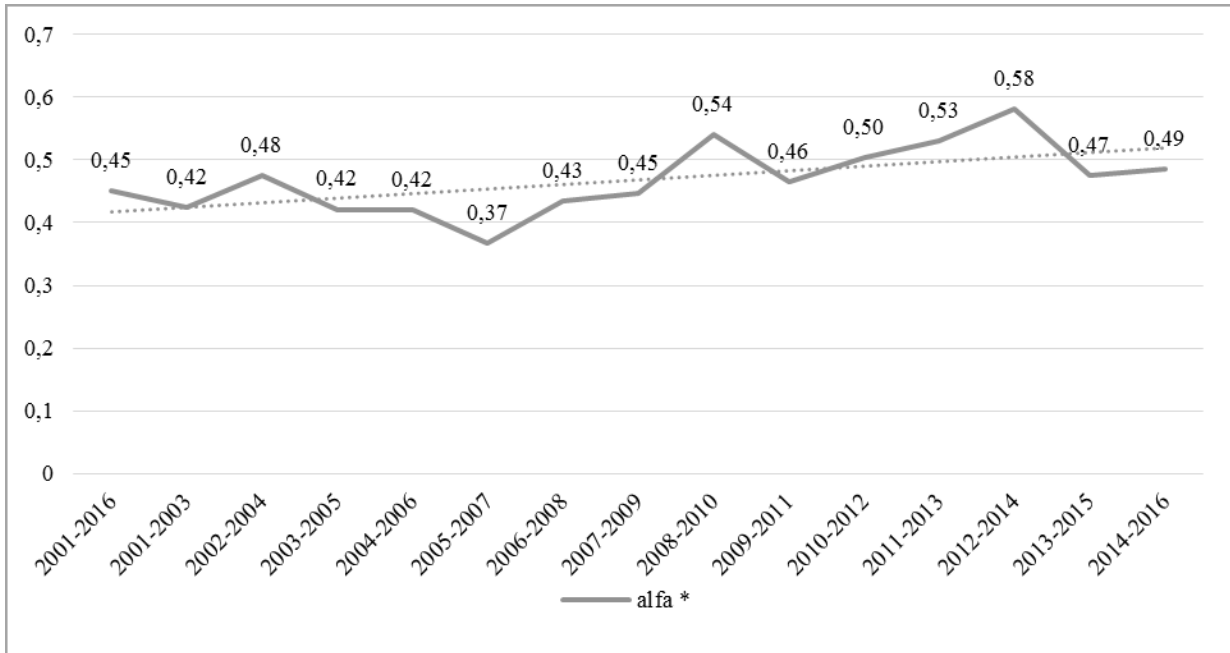


Рис. 2.6 Узагальнений показник Херста індексу ПФТС

Джерело: Побудовано автором на основі [56]

При розрахунку спектра сингулярності отримано мінімальне та максимальне значення узагальненого індексу Херста, що відображено на рис. 2.7.

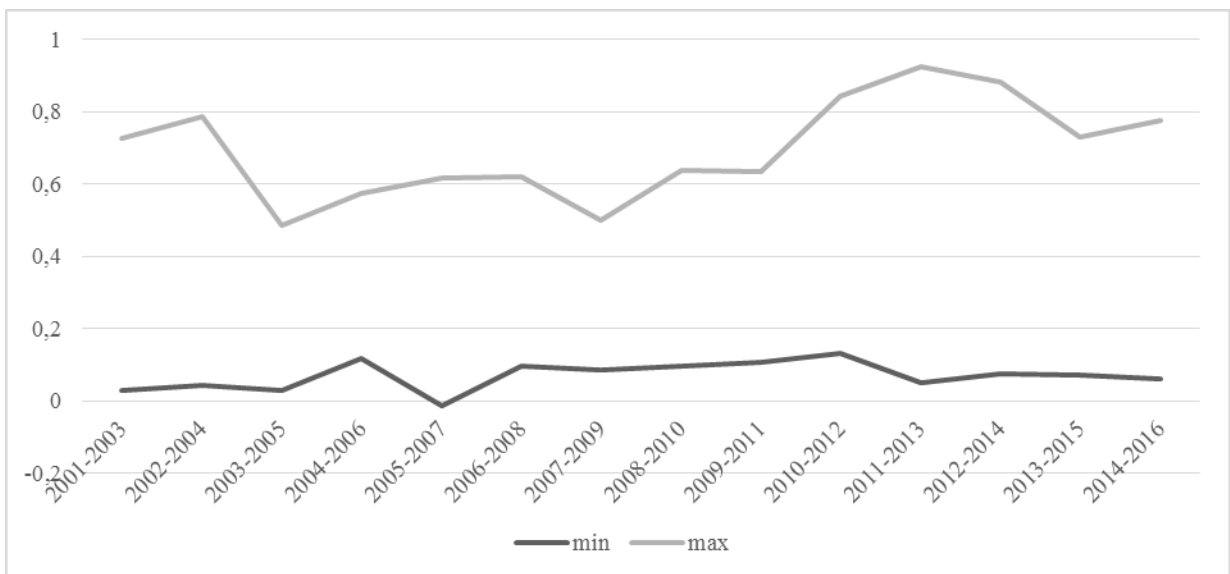


Рис. 2.7 Динаміка мінімальних та максимальних значень узагальненого індексу Херста для дохідності ПФТС

Джерело Побудовано автором на основі [56]

На рис. 2.7. бачимо, що під час кризових станів на фондовому ринку помітне звуження між мінімальним та максимальним значенням узагальненого

індексу Херста та розширення в період поживлення на фондовому ринку з 2011 року. Це підтверджує звіт Національної комісії з цінних паперів та фондового ринку за 2011 рік. Так, обсяг торгів на ринку цінних паперів зріс у 1,5 рази у порівнянні з 2010 роком і становив 2 171,10 млрд. грн., перевищивши таким чином обсяг ВВП країни на 854,50 млрд. грн. Висока активність на біржовому ринку у 2011 році призвела до збільшення майже у 2 рази обсягу організованого фондового ринку, частка якого становила 13,16% усіх операцій з цінними паперами в країні. За результатами торгів обсяг біржових контрактів з цінними паперами протягом 2014 року сягнув 235,44 млрд. грн., тоді як у 2010 році цей показник становив 131,20 млрд. грн. [115].

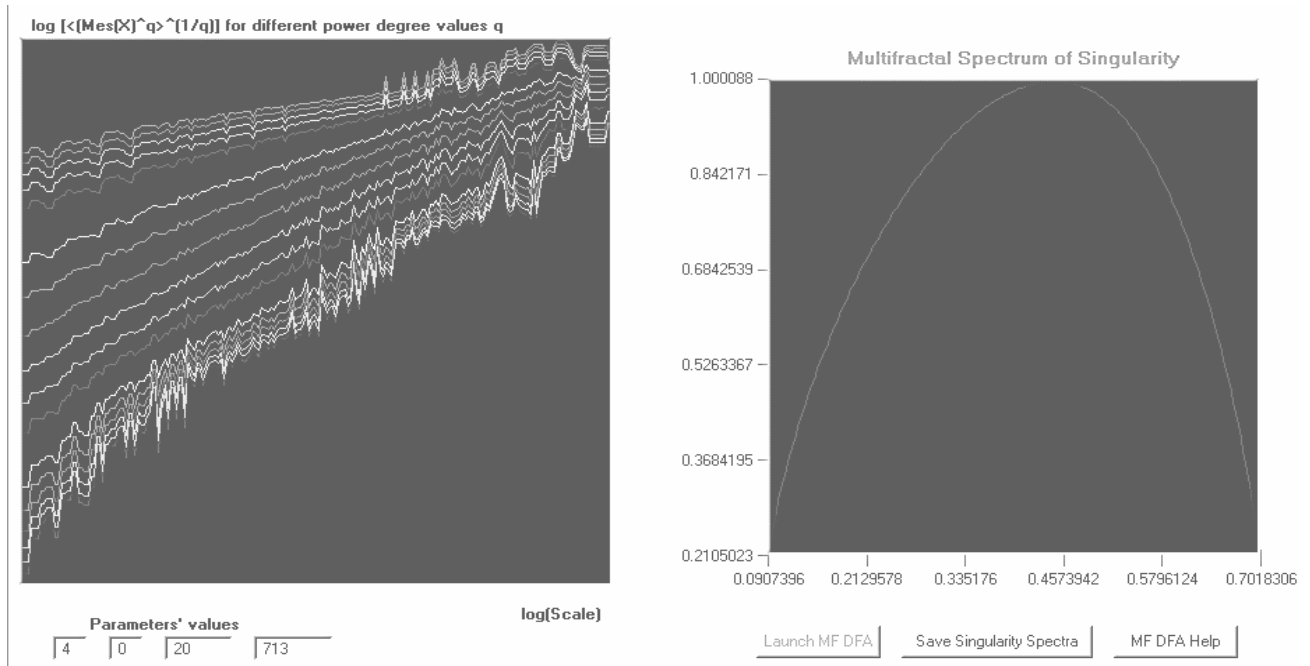


Рис.2.8 Мультифрактальний спектр сингулярності динаміки доходності індексу ПФТС

Джерело: Побудовано автором на основі [56]

Спектр сингулярності – це інформативна статистика, що характеризує режим хаотичних флуктуацій фінансового часового ряду [42].

Для монофрактальних часових рядів флуктуаційні функції є паралельними між собою, а інтервал зміни коефіцієнта Херста наближається до нуля, спектр сингулярності у графічному вигляді відображений точкою.

Щодо мультифрактальних часових рядів, то їх флуктуаційні функції непаралельні між собою, коефіцієнт Херста коливається в значних межах, а спектр сингулярності має параболічний вигляд [21, 64].

Отже, дохідність фондового індексу ПФТС є часовим рядом, що має мультифрактальну структуру. Тобто часовий ряд складається із цілого комплексу фрактальних властивостей. Також важливим моментом є те, що фондовий ринок варто розглядати у поєднанні із валютним ринком, ринком дорогоцінних металів, а також ринками тих товарів, якими торгує на фондовому ринку Україна. Це пов'язано з тим, що наведені ринки взаємопов'язані між собою і взаємовпливають один на одного. Тому є потреба у дослідженні їх фрактальних властивостей на різних часових проміжках та явища когерентності між іншими фінансовими ринками України.

Проаналізуємо динаміку фондового індексу WIG. Для мультифрактального аналізу було обрано часове вікно розміром у 500 спостережень та періоди, що аналізувались із зсувом в 1 спостереження. Періоди, що вивчались за допомогою мультифрактального аналізу детрендових флуктуацій відображені на рис. 2.9-2.14.

Розглянемо на рис.2.9 обране часове вікно розміром у 500 днів, період, що аналізується є докризовим, аналіз проводився на основі зсуву часового вікна протягом 50 днів. Часовий ряд обрано проміжком з 2003 по 2016 роки.

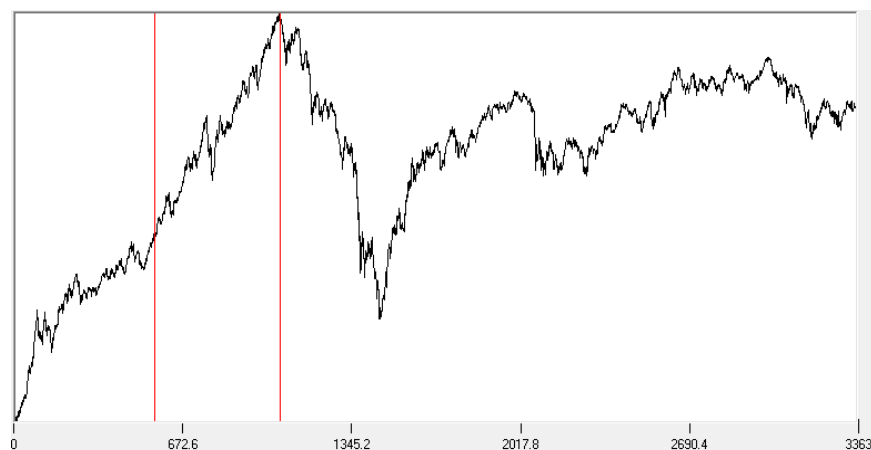


Рис. 2.9 Часове вікно динаміки фондового індексу WIG, щоденна частота даних розміром у 500 спостережень у докризовий період 2005-2007 роки

Джерело: Побудовано автором на основі [55]

Під час мультифраткального аналізу детрендових флуктуацій аналізу WIG індексу було розраховано α_{min} , α_{max} , α^* . Зміна динаміки проаналізованих семидесяти спостережень відображена на рис.2.10. Можна спостерігати, що протягом 50 спостережень на ринку є циклічний та стабільний розвиток індексу, тобто до березня 2008 року.

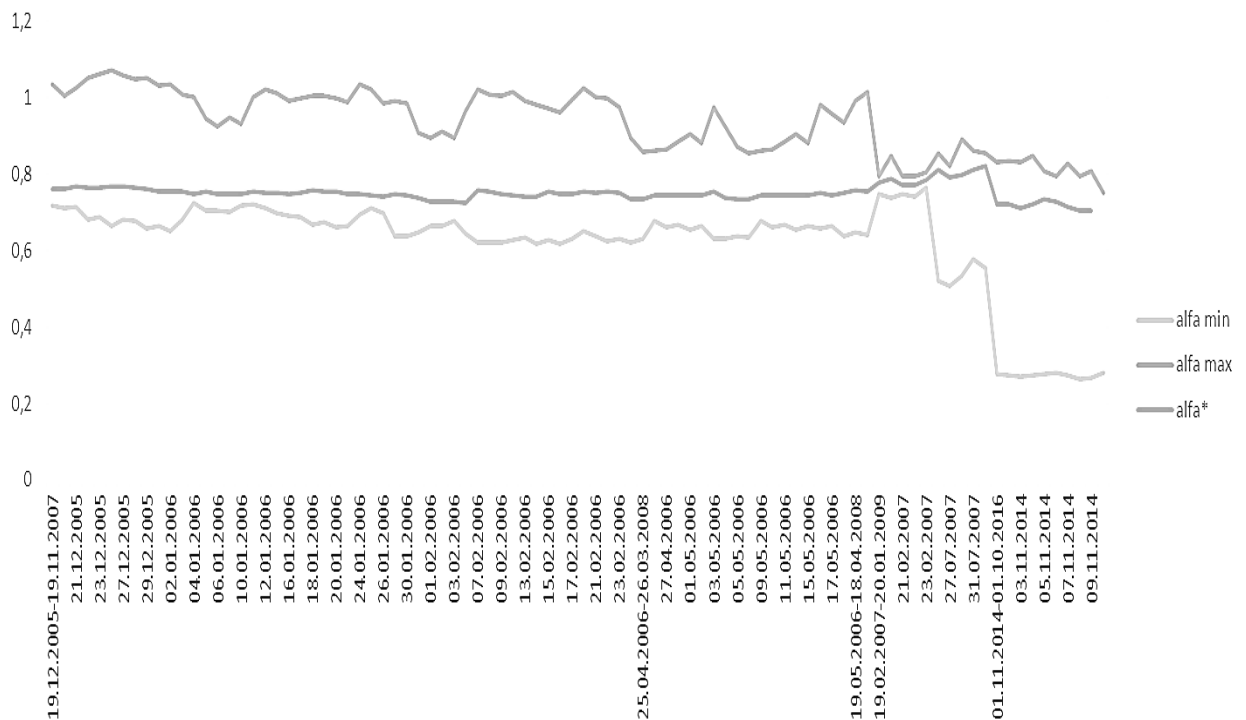


Рис. 2.10 Зміна динаміки індексу Херста фондового індексу WIG за допомогою мультифраткального аналізу детрендових флуктуацій

Джерело: Побудовано автором на основі [55]

Проте з починаючи з весни 2006-2008 років на ринку присутні аномальні коливання, що не є характерними для попередніх спостережень, зокрема період з 25.04.2006-26.03.2008 по 19.05.2006-18.04.2008 було взято на початку кризи, що відображено на рис.2.11.



Рис. 2.11 Часове вікно динаміки фондового індексу WIG, щоденна частота даних розміром у 500 спостережень на початку глобальної фінансово-економічної кризи 2008 року

Джерело: Побудовано автором на основі [55]

На рис. 2.12 відображено обране часове вікно в момент розпаду глобальної фінансово-економічної кризи.

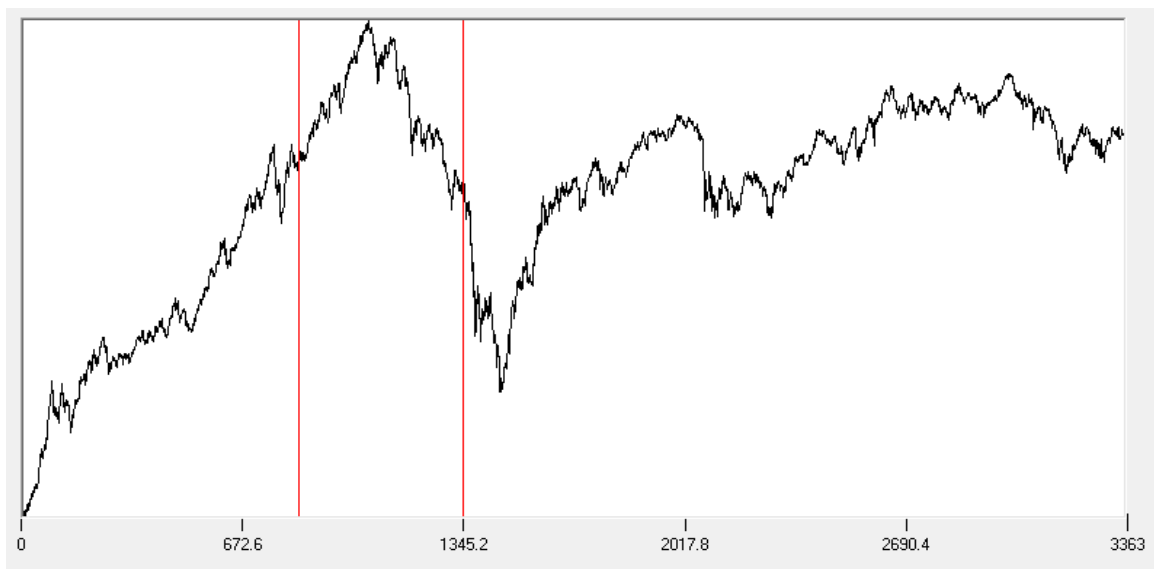


Рис. 2.12 Часове вікно динаміки фондового індексу WIG, щоденна частота даних розміром у 500 спостережень у момент розпаду глобальної фінансово економічної кризи.

Джерело: Побудовано автором на основі [55]

На рис.2.10 помітно, що за досліджуваний період, коли наявний розпал кризи, на графіку динаміка фондового індексу характеризується екстремальним звуженням α_{min} , α_{max} .

Проте цікавим є наступний момент, перед виходом із кризи. Часове вікно, що аналізувалось, відображене на рис. 2.13.



Рис. 2.13 Часове вікно динаміки фондового індексу WIG, щоденна частота даних розміром у 500 спостережень у момент перед виходом із глобальної фінансово-економічної кризи 2008 року

Джерело: Побудовано автором на основі [55]

Для обраного часового вікна результати α_{min} , α_{max} почали розширювати свої значення, що відображено на рис. 2.10. для спостережень на проміжку з 23.02.2007 по 31.07.2008 (що є початковою датою часового вікна розміром у 500 днів), при цьому змінився кут нахилу графіку спектру сингулярності для досліджуваного часового ряду.

Помітно, що система віднайшла новий стан рівноваги відображений на рис.2.10 на часовому проміжку з 1.11.2014-01.10.2016, продовження динаміки показників α_{min} , α_{max} , що зображені на рис. 2.10, є відображенням сучасної динаміки фондового індексу та часового вікна, що відображений на рис.2.14.



Рис. 2.14 Часове вікно динаміки фондового індексу WIG, щоденна частота даних розміром у 500 спостережень за 2015-2016 роки

Джерело: Побудовано автором на основі [55]

Якщо досліджуваний ряд є монофракталом, то значення показника $\Delta\alpha$ повинно дорівнювати нулю. З рис. 2.15 маємо, що досліджуваний часовий ряд є мультифракталом, оскільки $\Delta\alpha \neq 0$, а динаміка показника змінюється з плином часу.

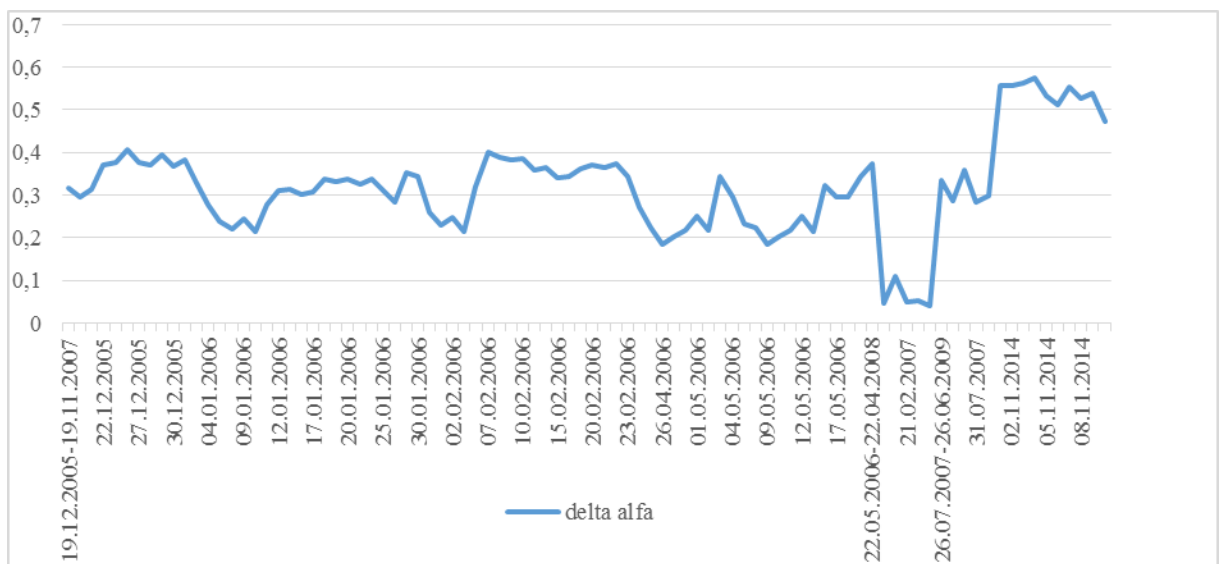


Рис. 2.15 Динаміка показника $\Delta\alpha$ для фондового індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі [55]

Розглянувши рис. 2.15 та рис. 2.16 чітко простежуються «провали» в динаміці показників $\Delta\alpha$ та $F(\alpha^*)$ під час глобальної фінансово-економічної кризи 2008-2009 років.

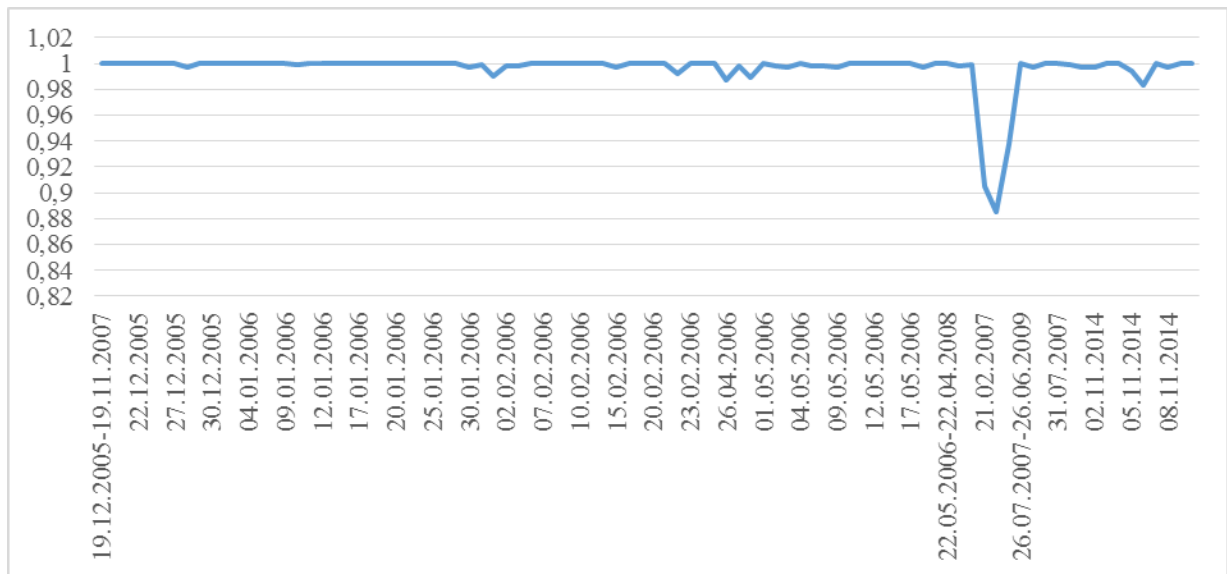


Рис. 2.16 Динаміка мультифрактального спектру сингулярності $F(\alpha^*)$ фондового індексу WIG на різних часових вікнах

Джерело: Побудовано автором на основі [55]

Такі індикатори, як $\Delta\alpha$, α_{max} , α_{min} , α^* , $F(\alpha^*)$ можна використовувати для здійснення моніторингу фінансових часових рядів з метою виявлення аномальних ознак поведінки ряду. Однією із ознак аномальної поведінки може слугувати «провал» вниз значення $F(\alpha^*)$. Це може свідчити про появу в часовому ряді компоненти, поведінка якої достатньо сильно відрізняється від поведінки випадкової самоподібної кривої. Крім того, варіації найбільш типового показника Гельдера-Ліпшиця α^* та ширини носія $\Delta\alpha$ спектра сингулярності, можуть також містити інформацію про зміну властивостей ряду, що є прихованими від їх виділення більш простими методами аналізу, наприклад, лінійної фільтрації. Ширина $\Delta\alpha$ є важливою серед параметрів мультифрактального спектру сингулярності, тому що вона є мірою варіабельності, розмаїття випадкової поведінки сигналу (часового ряду). [73]

Зменшення значення $\Delta\alpha$ свідчить про послаблення певних степенів свободи системи, що генерую досліджуваний сигнал, тобто зменшення їх кількості. [73]

З рис. 3.39 можна чітко простежити появу аномальних коливань $\Delta\alpha$ у перед кризовий період. Значення показника $\Delta\alpha$ у до кризовий період характеризується циклічними коливаннями.

З рис. 2.16 можна зробити висновок про те, що чим ближче до кризи, тим щільніше до її початку простежуються невеликі сплески в динаміці $F(\alpha^*)$ фондового індексу WIG. У період стабільного розвитку фондового ринку, як системи динаміка $F(\alpha^*)$ зберігає значення протягом тривалого проміжку часу.

Додатково здійснено мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій для фінансових індикаторів, зокрема: котирування долару США по відношенню до гривні та фондового індексу SP 500.

На додатку Б відображено динаміку α^* , α_{min} , α_{max} , $F(\alpha^*)$. З рис. Б.1. помітно аномальну поведінку ряду для 2005 року, зокрема динаміка показника α^* перетинає графік динаміки α_{max} , проміжок між α_{min} , α_{max} помітно звужився. Причиною такої поведінки показників може бути спричинена через політику Національного банку, який змінював методику розрахунку валютного курсу на період з 2004 по 2008 роки, провів ревальвацію гривні, а також значну роль відіграла вибори президента.

Цікавим результатом мультифрактального аналізу котирування долару США повідношенню до гривні є динаміка показника α_{min} у період кризи 2008-2009 років. Перед початком кризи значення α_{min} поступово падало з 0,3 до 0,2 у період 2006-2007 років.

На рис. Б.2. додатку Б відображено динаміку іншого показника – $F(\alpha^*)$ для котирування курсу долара США повідношенню до гривні на різних часових проміжках. Помітно, що валютний ринок України є нестабільним. Особливо велику роль у стабільному розвитку валютного ринку, як системи відіграє політичний фактор.

Варто зазначити, що валютний ринок України значно відрізняється від валютного ринку провідних країн світу. Режим валютного ринку нашої країни – валютний коридор. Тому застосування мультифрактального аналізу є дещо ускладненим політичним фактором.

Для порівняння та перевірки роботи такого інструментарію як мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій, було проведено розрахунки для фондового індексу SP500, результати яких відображені графічно у додатку В рис. В.1, В.2 та В.3.

На рис. В.1. додатку В спостерігаємо, що у період 2008 та 2016 років присутня підвищена волатильність. Особливо висока амплітуда коливань притаманна саме під час глобальної фінансово-економічної кризи 2008-2009 років. Для фінансового індикатору стану фондового ринку проведено мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій на проміжку до кризи та на момент її настання. Аналіз динаміки $\alpha_{min}, \alpha_{max}$ надає інформацію про поведінку системи на проміжку з 2005 по 2008 роки. З рис. помітно, що ознаки кризового явища уже проявлялись до фактичного моменту настання кризи.

Помітне та поступове звуження ширини спектру $\alpha_{min}, \alpha_{max}$ сигналізувало про зміну властивостей системи та початок кризи.

У додатку В, рис. В.3. відображає динаміку $F(\alpha^*)$ фондового індексу SP500. Аномальний викид припадає на весну 2005 та весну 2007 років. Протягом цього періоду динаміка фондового індексу характеризується зростаючим трендом з присутністю відчутних падінь котирування індексу. Плавна динаміка протягом 2008 року показника $F(\alpha^*)$ пояснюється тим, що котирування фондового індексу почало стрімко падати восени 2008 і досягло свого мінімуму весною 2009, що не було включено до вибірки, над якою здійснювався мультифрактальний аналіз.

Отже, бачимо, що метод мультифрактального аналізу здатний передбачати аномальні явища та передкризовий стан на фондовому ринку, а також момент виходу із кризи та відображає як система переходить в якісно

новий стан. Це означає, що нелінійні методи аналізу показали свою ефективність та доцільність використання на фінансових ринках.

2.3 Дослідження динаміки фінансових індикаторів з використанням графічного та статистичного методів аналізу

Важливу роль в інформаційному забезпеченні фондового ринку відіграють фондові індекси. Фондові індекси – це показники біржової активності, що узагальнюють динаміку цін на цінні папери і свідчать про зміни в рівні цін за певний час. Значення фондових індексів використовуються для аналізу стану та динаміки фондового ринку.

Індекси фондового ринку є також важливими показниками системи економічного моніторингу стану світової економіки, групи країн чи національної економіки, інвестиційного клімату в країні, інструментами аналізу кон'юнктури ринку цінних паперів та прогнозування його тенденцій, а також самостійним фінансовим інструментом для хеджування на ринку цінних паперів. Як правило, для інвесторів не так важливі абсолютні значення індексів, як їх динаміка, за допомогою якої можна визначати напрямок руху фондового ринку. Розраховуються фондові індекси інформаційно-аналітичними агентствами та фондовими біржами. Фондові індекси називають також індексами ділової активності [118].

Тому аналіз та моделювання фондових індексів як фінансових індикторів є актуальним завданням науковців, економістів та трейдерів.

Розглянемо динаміку таких фондових індексів, як ПФТС, UX, WIG.

Індекс ПФТС та UX є фондовими індексами українських фондових бірж з 2007 та 2009 років відповідно.

Порівняємо динаміку українських фондових індексів, що відображена на графіках рис.2.17 та рис.2.18.

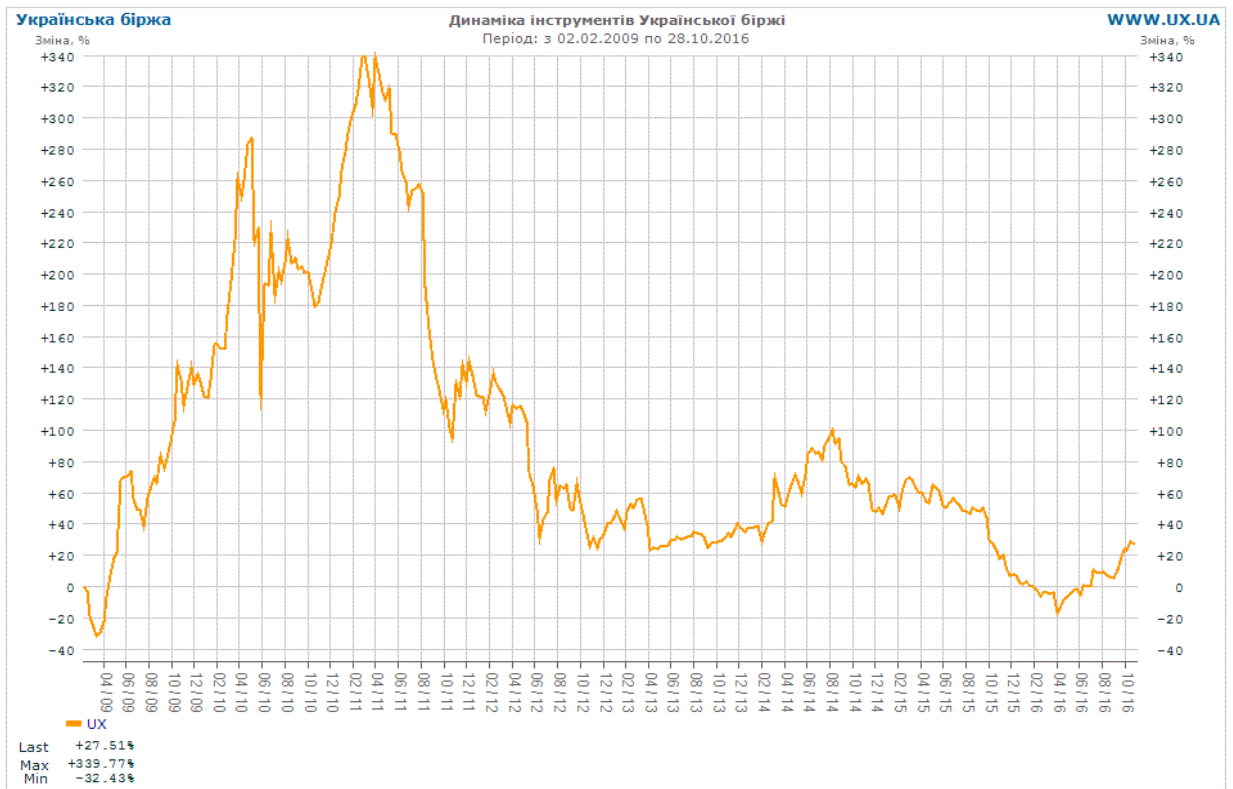


Рис. 2.17 Динаміка індексу UX з 2009 по 2016 роки щоденно
Джерело: Отримано з сайту Української фондової біржі[89]



Рис. 2.18 Динаміка індексу ПФТС з 2007 по 2016 роки щоденно
Джерело: Отримано з сайту Trading Economics [56]

Можна зробити висновок, що з 2009 року динаміка індексів є майже ідентичною. Це спричинене тим, що контрольний пакет акцій фондової біржі «ПФТС» належить «Московській біржі ММВБ - РТС», через що ліцензія фондової біржі «ПФТС» анульована [116].

Крім того, «Українська біржа» по структурі власників на 22,44% належить ВАТ "Московська біржа ММВБ - РТС" та 20,64% її акцій належать ПрАТ "Український біржовий холдинг", 100-відсотковим акціонером якого є "Московська біржа ММВБ - РТС".

Тому здійснення моделювання біржових індексів «ПФТС» та «UX» є недоцільним, тому що вони прив'язані до фондового індексу РТС.

Крім того, через посилення політичної напруги на сьогодні котирування фондових індексів упало майже у 5-6 разів порівняно з 2010-2011 роками. Можна сказати, що ринку в Україні немає, і необхідно впровадити заходи для стабілізації і регулювання ситуації з метою відновлення функцій, що виконуються фондовим ринком.

Тому для дослідження було обрано польський фондовий індекс WIG, для розрахунку якого враховуються українські компанії, акції яких є предметом купівлі продажу на Варшавській фондовій біржі.

Проаналізуємо динаміку фінансового ряду, що відображений на рис. 2.19.

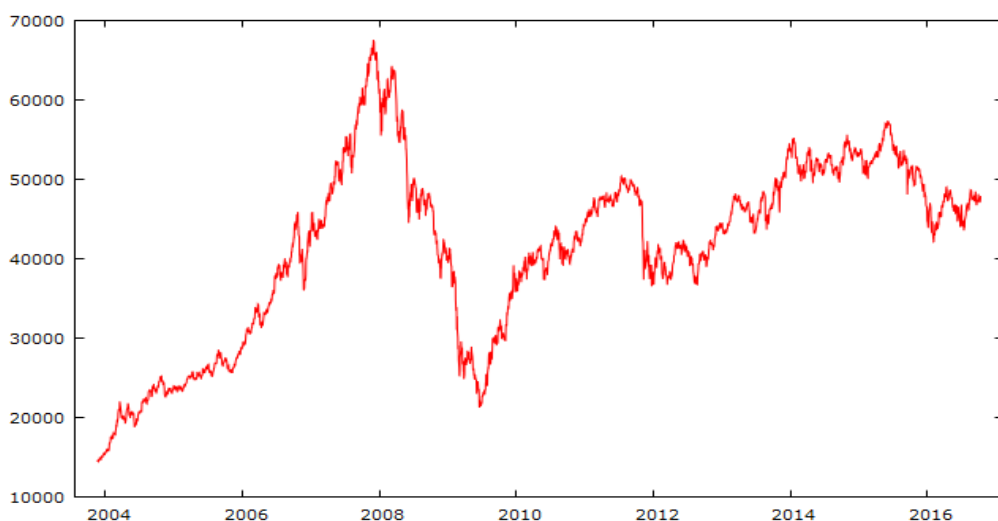


Рис. 2.19 Динаміка індексу WIG з 2004 по 2016 роки щоденно

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Помітно, що криза на Варшавському фондовому ринку почалась на початку 2008 року. Проведемо R/S аналіз динаміки дохідності фондового індексу WIG та наведемо результати розрахунків у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Характеристики масштабованого діапазону для дохідностей фондового індексу WIG

Розмір	RS(сер.)	log(Розмір)	log(RS)
3363	104,18	11,716	6,7030
1681	67,904	10,715	6,0854
840	42,634	9,7142	5,4139
420	28,303	8,7142	4,8229
210	17,269	7,7142	4,1101
105	12,331	6,7142	3,6242
52	8,5849	5,7004	3,1018
26	5,6717	4,7004	2,5038
13	3,6452	3,7004	1,8660
		коэф.	ст. похибка
Константа	-0,35689		0,072824
Кут. коэф.	0,59726		0,0089547
Оцінки експоненти Херста = 0,597258			

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Бачимо, що показник Херста є більшим за 0,5, отже, ряд дохідностей індексу WIG є персистентним. Проте варто далі відстежувати його динаміку, тому що значення H є близьким до 0,5, а при рівності 0,5 часовий ряд є броунівським рухом, аналізувати і прогнозувати його майбутню динаміку неможливо.

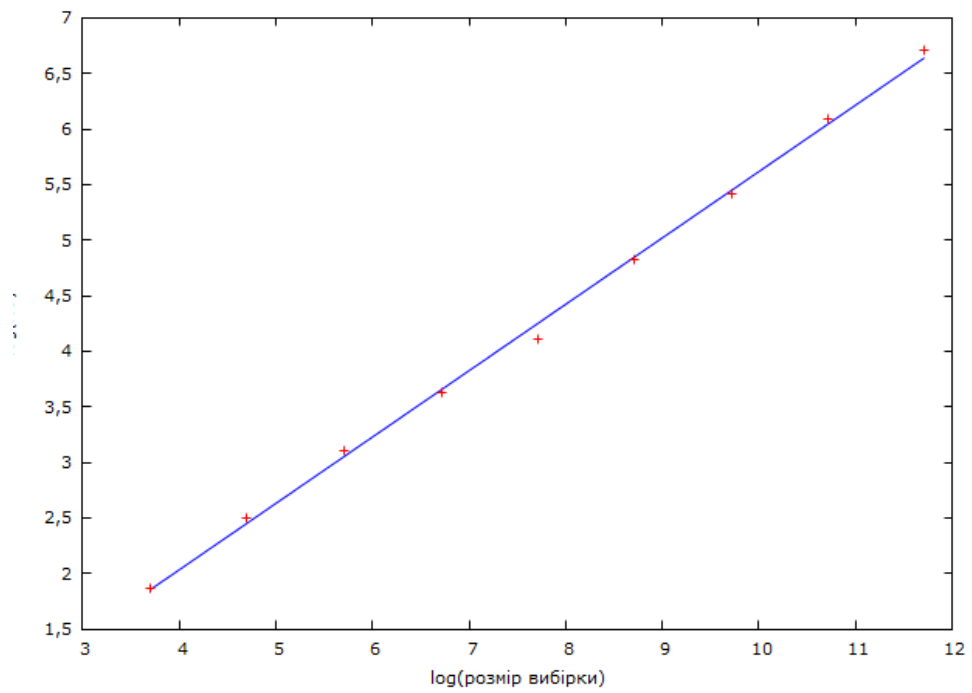


Рис. 2.20. Масштабований графік розкиду для дохідності фондового індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Розглянемо графік дохідності фондового індексу рис.2.21.

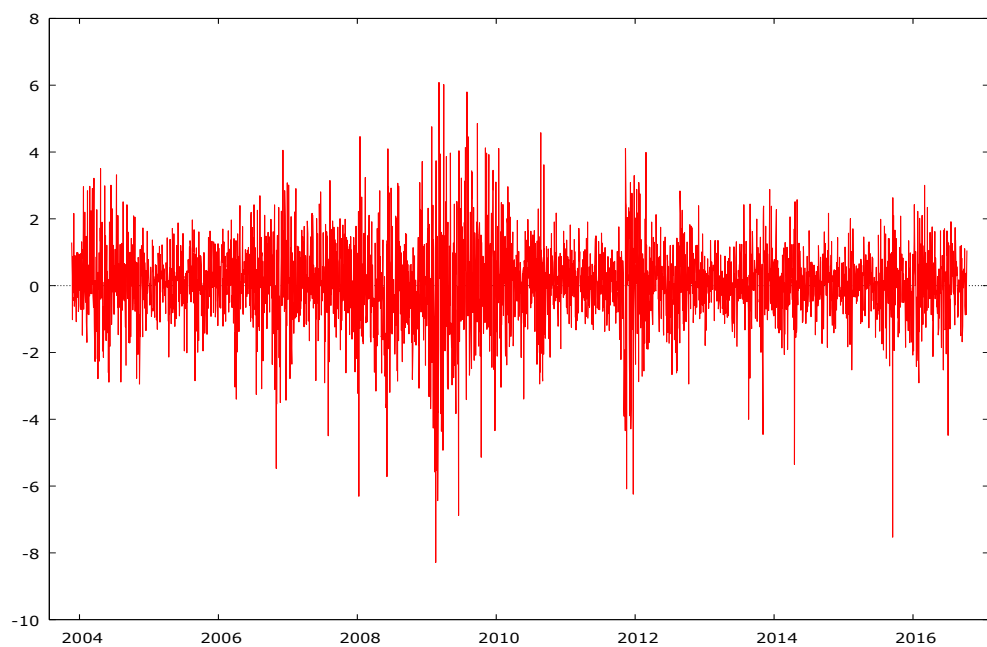


Рис. 2.21. Графік дохідності фондового індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

На рис. 2.21 присутня кластеризація волатильності. Чітко можна побачити зони високої волатильності, зони низької волатильності та викиди.

Із таблиці 2.6 одними із найважливіших числових характеристик часового ряду для майбутнього моделювання волатильності є асиметрія та ексцес. Для дохідності має місце негативна асиметрія.

Таблиця 2.6

Числові характеристики на базі спостережень для дохідності фондового індексу WIG

Середнє	Медіана	Мінімум	Максимум
0,0356943	0,0635008	-8,28882	6,08375
Ст. Відх.	Коефіцієнт варіації	Асиметрія	Ексцес
1,24748	34,9490	-0,489444	3,84870
5% Проц.	95% Проц.	Міжквартильний розмах	Пропущені спост.
-1,95627	1,99388	1,27860	1

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Перевірка нормальності розподілу даних для дохідності фондового індексу WIG:

Тест Доурніка-Гансена (Doornik-Hansen) = 746,178, з р-значенням $9,32354e-163$

W-статистика Шапіро-Уїлка = 0,95448, з р-значенням $3,59057e-031$

Тест Лілліфорса (Lilliefors) = 0,0650451, з р-значенням ~ 0

Тест Жарка-Бера (Jarque-Bera) = 2209,87, з р-значенням 0

Внаслідок тестування на нормальність розподілу залишків, бачимо, що за усіма тестами залишки не розподілені за нормальним законом та присутні «важкі хвости».

На рис. 2.22 помітно, що присутня асиметрія та присутній позитивний ексцес.

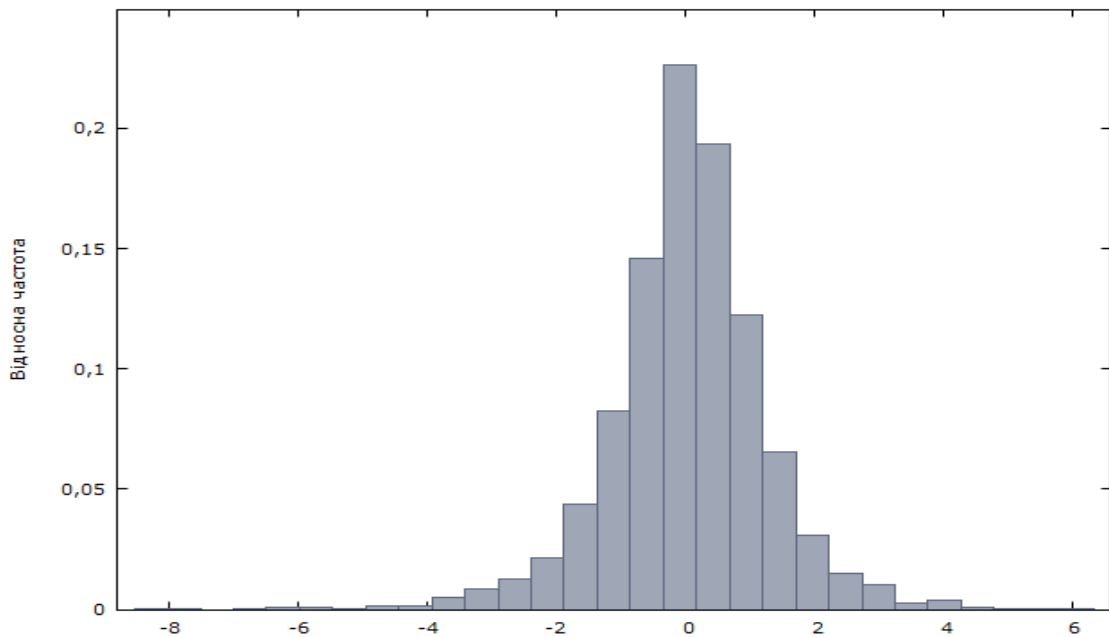


Рис. 2.22 Розподіл частот фондового індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Методи за допомогою яких здійснюється обробка даних, які відносяться до інтервальної шкали, виходять із гіпотези, що їх значення підпорядковуються нормальному розподілу. При такому розподілі більша частина значень групується навколо деякого середнього значення, по обидві сторони якого частота спостережень рівномірно знижується.

Наприклад, при збільшенні стандартного відхилення крива «розтікається» вздовж осі x , при $\sigma \rightarrow 0$, тоді крива зжимається навколо середнього значення. (Параметр σ характеризує розкид, розсіювання).

Типове застосування нормального закону в аналізі даних, наприклад телемунікаційних, моделювання сигналів, опис шуму, перешкод, помилок, трафіку. Відповідно в економічні дані схожі на сигнал із шумом.

Для моделювання середнього при побудові моделі GARCH, згідно графіків АКФ та ЧАКФ, потрібно використати ARMA(1,1) процес. Оскільки присутня автокореляція залишків першого порядку, що помітно із рис. 2.23.

Отримавши необхідну інформацію в результаті аналізу динаміки доходності фінансового індикатора WIG, можна переходити до безпосереднього моделювання волатильності.

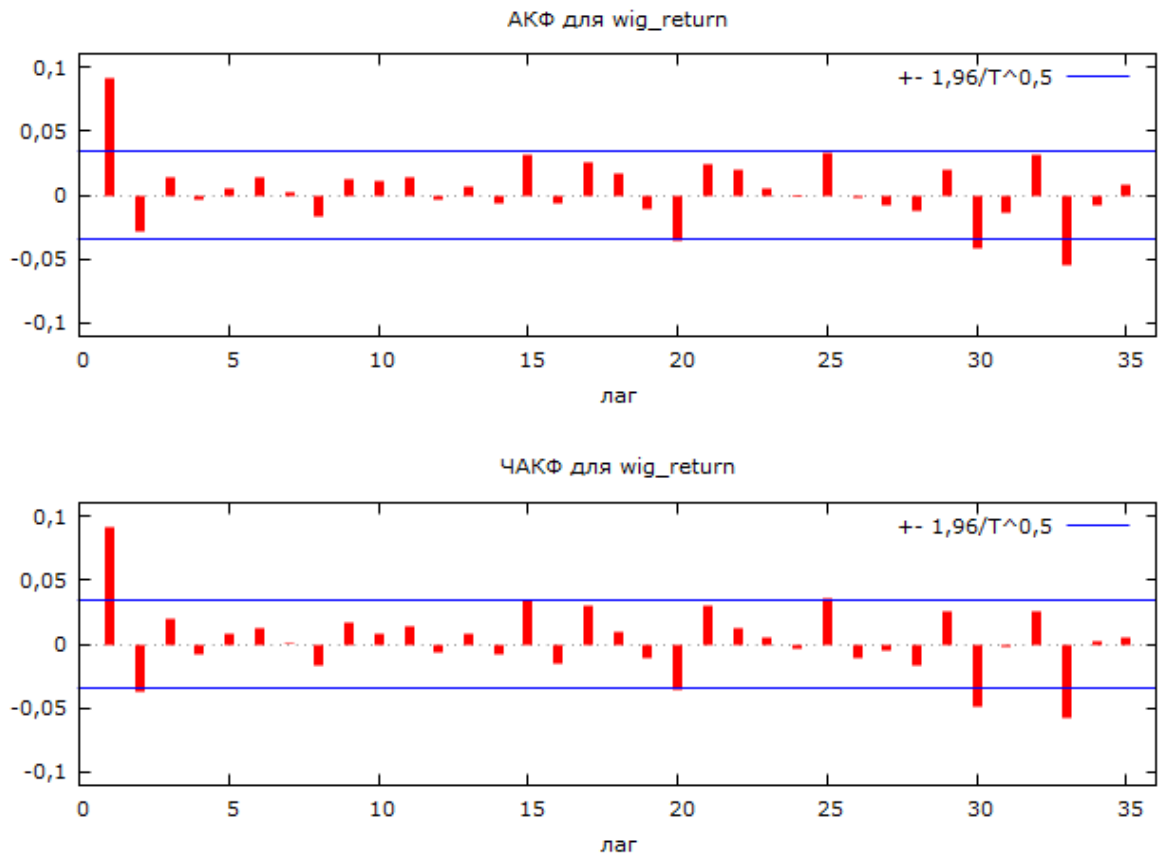


Рис. 2.23 Графіки автокореляційної функції та часткової автокореляційної функції для фондового індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Для моделювання середнього при побудові моделі GARCH, згідно графіків АКФ та ЧАКФ, потрібно використати ARMA(1,1) процес. Оскільки присутня автокореляція залишків першого порядку, що помітно із рис. 2.23.

Отримавши необхідну інформацію в результаті аналізу динаміки дохідності фінансового індикатора WIG, можна переходити до безпосереднього моделювання волатильності.

Проаналізуємо динаміку іншого фінансового індикатора, такого як валютна пара EUR/USD.

На рис. 2.24 динаміка валютної пари характеризується циклічними коливаннями, період циклу становить приблизно 2 роки.



Рис. 2.24 Динаміка валютної пари EUR/USD за період з 2004 по 2016 роки

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Кризовими моментами можна вважати 2006 рік, початок 2008, коли світова фінансово-економічна криза лише починалась, кінець 2010 року-початок 2011, початок 2013 року, 2015 рік. Бачимо також, що з 2015 року євро прирівнявся до долара і різниця коливається на рівні 1,1. Це, в першу чергу, пов'язано з тим, що валюта євро на відміну від долара є грошовою одиницею не однієї країни, а сукупності країн єврозони. Крім того, різний фінансово-економічний стан країн-членів ЄС помітно впливає на динаміку валютного курсу. Центральний європейський банк здійснює політику кількісного пом'якшення, тобто реалізує емісію грошових коштів. Графічне відображення збільшення кількості грошових коштів у обігу бачимо на рис. 2.25.

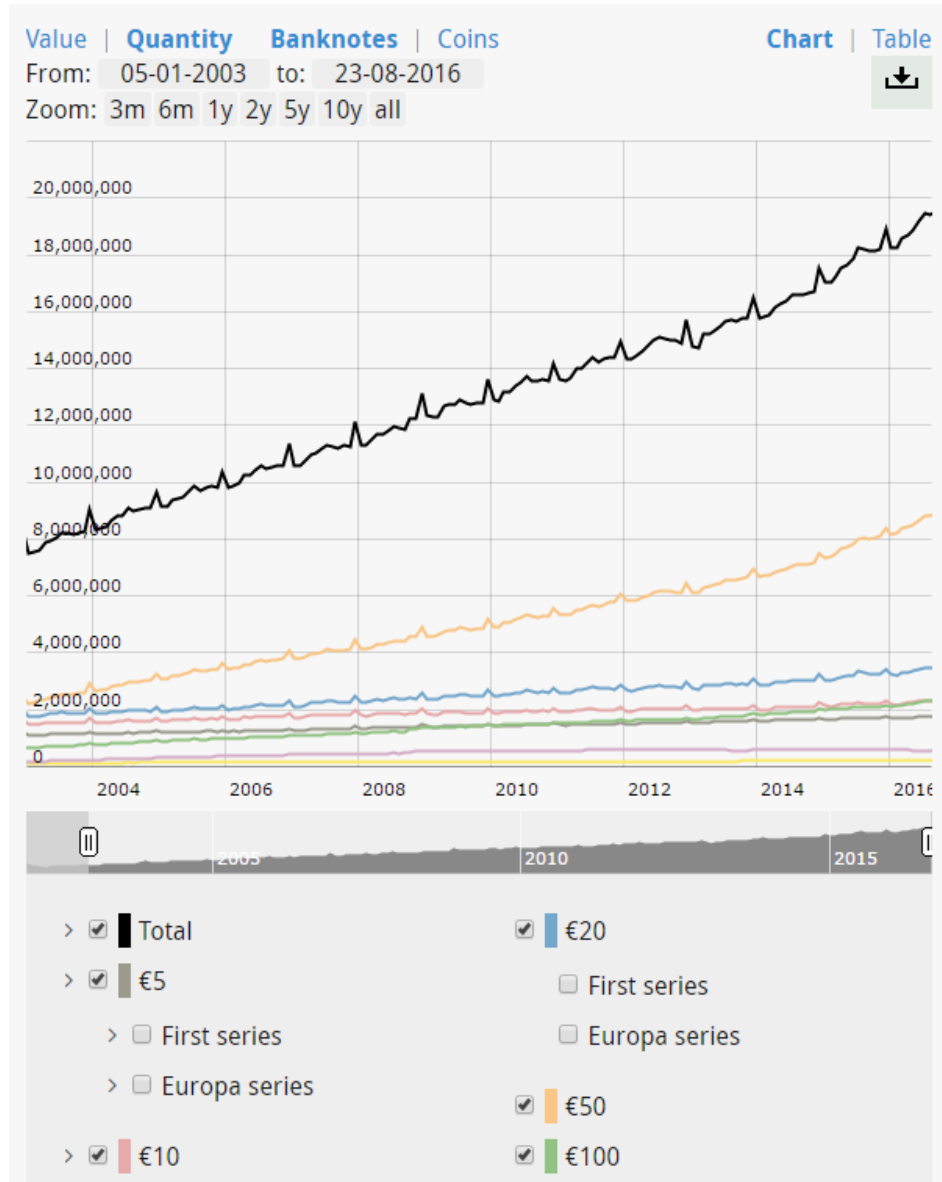


Рис. 2.25 Пропозиція грошових коштів у Євросоюзі
 Джерело: Європейський центральний банк [157]

Крім того, значний вплив має і криза в Греції. Також варто відмітити, що санкції проти Російської Федерації викликали і санкції проти євротоварів на російських ринках, спричинивши звуження ринку збуту. Ще одним із факторів є зміцнення долара.

Розглянемо графік дохідності валютної пари євро/долар, що відображено на рис. 2.26.

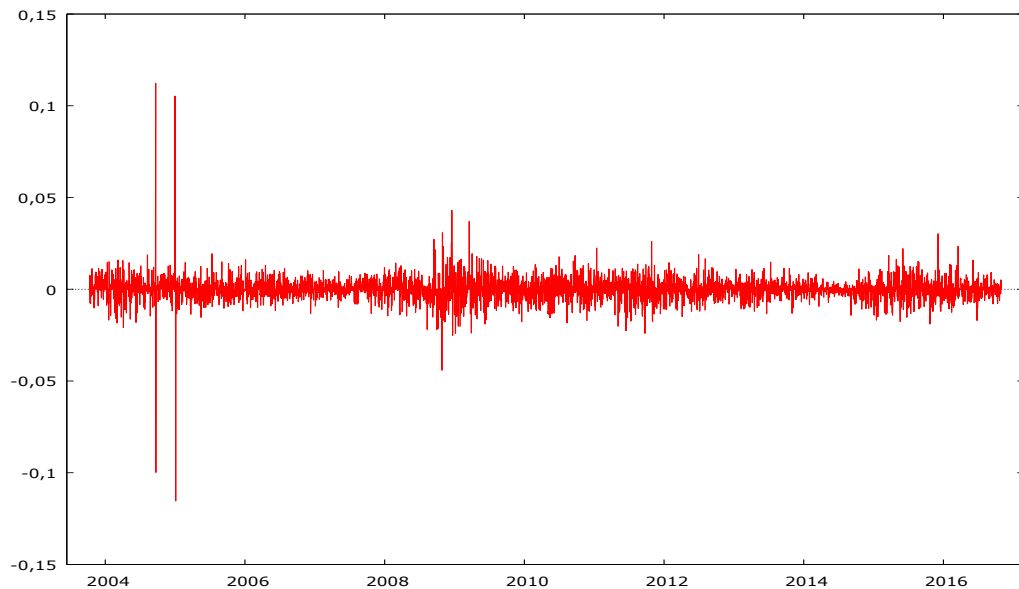


Рис. 2.26 Графік дохідності валютної пари EUR/USD за період з 2004 по 2016 роки

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Відповідно для валютної пари євро/долар графіки автокореляційної функції та часткової автокореляцію графічно зображені на рис. 2.27 та 2.28.

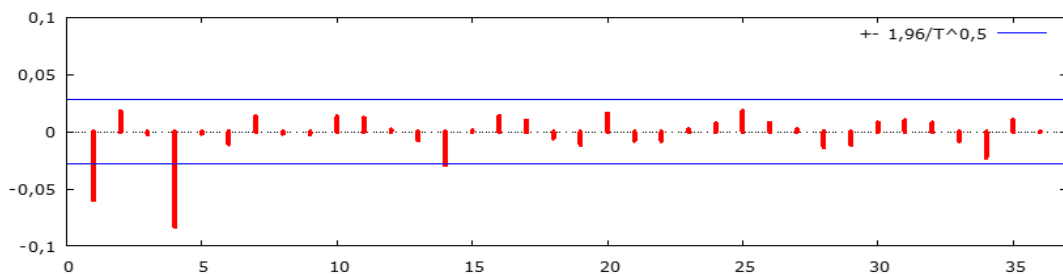


Рис. 2.27 Графік автокореляційної функції для EUR/USD

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

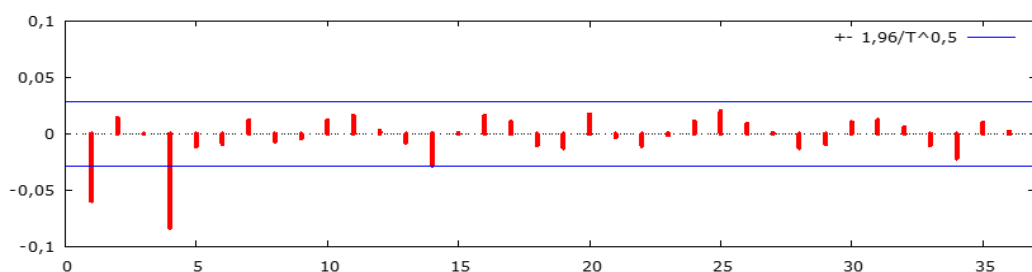


Рис. 2.28 Графік часткової автокореляційної функції для валютної пари EUR/USD

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Таблиця 2.7 містить розрахунки числових характеристик спостережень валютної пари євро/долар.

Таблиця 2.7

Числові характеристики для EUR/USD

Середнє	Медіана	Мінімум	Максимум
-1,35840e-005	0,000000	-0,115413	0,112293
Ст. Відх.	Коефіцієнт варіації	Асиметрія	Екссес
0,00611186	449,931	0,0880900	85,7258
5% Проц.	95% Проц.	Міжквартильний розмах	Пропущені спост.
-0,00885838	0,00865471	0,00411079	1

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Розглянемо рис. 2.29 на якому відображено розподіл частот для валютної пари євро/долар. Та проведемо тести на перевірку нормальності розподілу частот. Здійснимо аналіз графіку та проаналізуємо отримані результати тестів.

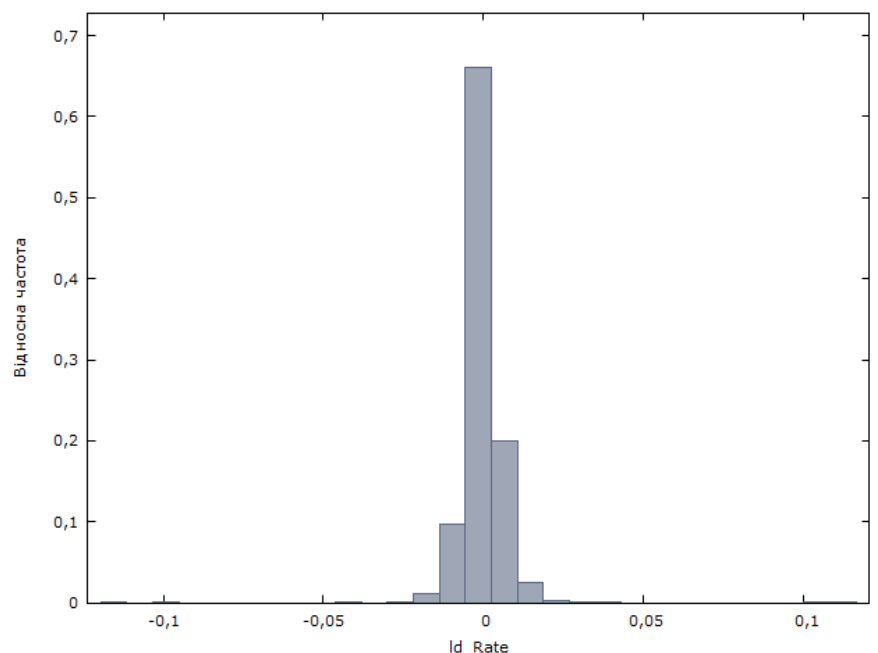


Рис. 2.29 Графік розподілу частот для валютної пари EUR/USD

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Перевірка нормальності розподілу Id_Rate :

Тест Доурніка-Гансена (Doornik-Hansen) = 45893,7, з р-значенням 0

W-статистика Шапіро-Уїлка = 0,761722, з р-значенням 7,05664e-064

Тест Лілліфорса (Lilliefors) = 0,125398, з р-значенням ≈ 0

Тест Жарка-Бера (Jarque-Bera) = 1,4557e+006, з р-значенням 0

За допомогою тестів виявлено, що дані не розподілені за нормальним законом та присутні «важкі хвости». Таблиця 2.8 містить результати проведення R/S аналізу для валютної пари євро/долар.

Таблиця 2.8

Характеристики масштабованого діапазону для дохідності валютної пари

EUR/USD

Розмір RS(сер.) log(Розмір) log(RS)

4754 63,364 12,215 5,9856

2377 48,114 11,215 5,5884

1188 43,008 10,214 5,4265

594 30,516 9,2143 4,9315

297 18,576 8,2143 4,2154

148 13,923 7,2095 3,7994

74 9,1972 6,2095 3,2012

37 6,2481 5,2095 2,6434

18 4,1311 4,1699 2,0465

9 2,7768 3,1699 1,4734

коэф. ст. похибка

Константа -0,016638 0,14996

Кут. коэф. 0,51242 0,018228

Оцінки експоненти Херста =

0,512424

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

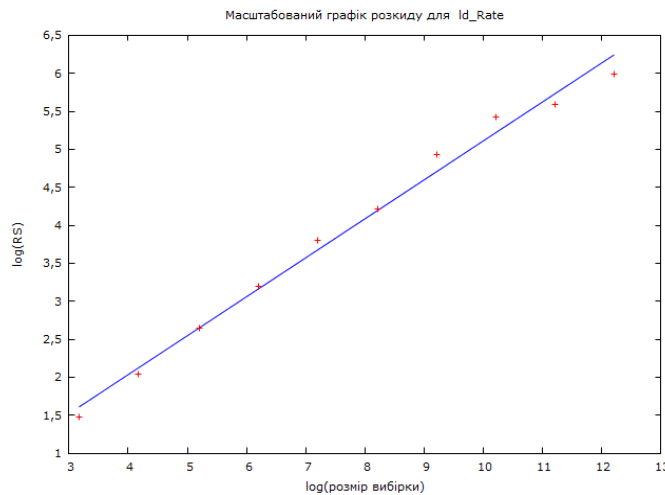


Рис. 2.30 Графік масштабованого розкиду для дохідності валютної пари EUR/USD

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

З таблиці 2.8 значення індексу Херста за R/S аналізом становить 0,51. Значення дуже близьке до 0,5. І тому можна припустити, що на сьогодні дохідність валютної пари може проявляти властивості броунівського руху. Попередні значення дохідностей можуть не впливати на майбутні. Оскільки котирування валюти залежить від значної кількості макроекономічних та політичних факторів, прогнозування дохідності економетричними методами не є доцільним. А тому можливо лише змоделювати волатильність такого фінансового індикатора.

Варто зазначити, що характеристики нелінійних динамічних фінансових часових рядів, що отримані при застосуванні методу нормованого розмаху, зокрема R / S аналізу, є одним із перших кроків на шляху до розуміння поведінки фінансових ринків. І тільки застосування комплексного системного підходу може допомогти при прогнозуванні, прийнятті стратегічних рішень і плануванні довгострокової політики. [68]

В результаті аналізу фінансових індикаторів, таких як фондовий індекс WIG та валютна пара EUR/USD, ми отримали підготовлені дані для подальшого їх використання в процесі моделювання та мультифрактального аналізу.

Мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій (МФАДФ) ґрунтується на гіпотезі про те, що корельований часовий ряд можна відобразити як самоподібний процес. Дослідження властивостей самоподібності може свідчити про кореляційні властивості ряду. Перевагою даного методу у порівнянні з іншими, такими як спектральний аналіз, R/S-аналіз, є те, що МФАДФ дозволяє виявити довгострокові кореляції у нестационарних часових рядах. Також даний метод аналізу часових рядів надає можливість визначати наявність мультискейлінгу (за його наявності), а це дозволяє зробити висновок про існування композиції різних механізмів утворення та формування значень ряду.

Висновок до розділу 2

Доведено, що фінансові часові ряди, фінансові індикатори мають фрактальні властивості. Фінансові ринки сильно реагують на зовнішні фактори впливу та збурення, про це свідчать останні фінансово-економічні кризи. Тому відслідковування, передбачення таких явищ і процесів є актуальним завданням. Аналізуючи динаміку фінансових індикаторів, можна попередити настання кризових явищ. Важливо правильно обрати інструмент дослідження фінансових індикаторів. Більшість лінійних моделей не працюють в аномальних умовах. Тому необхідно використовувати методи нелінійної динаміки. Одним із таких методів є мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій. За допомогою такого інструменту можна досліджувати різні часові вікна у вибірці та виявляти монофрактальну чи мультифрактальну структуру цього ряду.

Економічні процеси є складними, описати їх динаміку одним показником складно, у такому випадку можна лише сказати про загальну економічну ситуацію та з певною ймовірністю вказати напрям подальшого розвитку динаміки ряду (спад чи зростання) у наступних періодах. За допомогою мультифрактального аналізу детрендових флуктуацій можна більш повно описати поведінку досліджуваного об'єкту.

1. На основі R/S аналізу виявлено наявність фрактальних властивостей фінансових індикаторів, що підтверджує фрактальну гіпотезу фінансових ринків.
2. За допомогою мультифрактального аналізу виявлено мультифрактальні властивості фінансових індикаторів.
3. Використання МФАДФ надало можливість виявити стан фондового ринку на різних часових проміжках, що у свою чергу є своєрідним інструментом для відслідковування та передбачення кризових явищ.

За допомогою мультифрактального аналізу детрендових флуктуацій для індекса WIG розраховано α_{\min} , α_{\max} , α^* . Зміна динаміки проаналізованих спостережень часового вікна з 23.02.2006 по 24.01.2008 розміром у 500 спостережень, характеризується хаотичним розвитком динаміки фондового індексу. У попередній період польський фондовий ринок характеризується циклічністю та стабільністю. У період перебігу самої кризи на рис. 2.10 помітне екстремальне звуження між α_{\min} , α_{\max} , проте після завершення кризи спостерігаємо, що фондовий ринок віднайшов новий рівноважний стан. За умови стабільності явищ та процесів, що відбуваються на фінансових ринках, досить популярним методом прогнозування волатильності часових рядів. До таких моделей відносять GARCH-моделі, які показали свою ефективність та надійність.

GARCH методологію моделювання можна охарактеризувати як моделювання дисперсії часового ряду. Оскільки дисперсія є моментом другого порядку, то модель стає нелінійною і оцінювати її лінійними методами не можна.

Синтез двох методів дозволить досліджувати часові ряди і при зміні системи, і при переході її у якісно новий стан.

Основні результати розділу опубліковано у працях автора [67, 66, 78, 79, 76, 64]

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ФІНАНСОВИХ ІНДИКАТОРІВ

3.1 Економетричне моделювання впливу макроекономічних факторів на динаміку котирування валютних курсів

Дослідження економічних явищ та процесів за допомогою економіко-математичних моделей відіграють важливу роль для аналізу та виявлення взаємозв'язків між досліджуваними факторами.

Економіко-математична модель факторного аналізу оцінюється засобами математичної статистики і є засобом аналізу і прогнозування економічних процесів на основі реальної статистичної інформації.

Для побудови економетричної моделі необхідно визначити економічну проблему та провести її якісний аналіз. На цьому етапі здійснюється чітке формулювання сутності проблеми (цілі дослідження), робляться припущення, ставляться питання, на які потрібно отримати відповіді. Проводиться виокремлення основних властивостей об'єкта, абстрагування від другорядних, вивчається структура і основні залежності, формулюється гіпотеза, що пояснює поведінку та динаміку об'єкта. Наступний етап – формалізація економічної проблеми та вираження її у вигляді математичних залежностей та відношень. Спочатку визначається основна конструкція, а далі уточнюються деталі. Проте не варто забувати, що надмірна кількість факторів, що включені до моделі, можуть погіршувати її якість. Далі відбувається реалізація моделі. На даному етапі основною складністю є апробація отриманої моделі на великих обсягах інформації. Здійснюється числовий аналіз отриманої моделі. Також важливою є перевірка отриманої моделі на адекватність. Згідно з результатами перевірки моделі на адекватність приймається рішення про можливість її практичного використання чи проведення коригування [38].

Після отримання результатів досліджень проводиться аналіз та виявляється можливість практичного застосування отриманої моделі.

Коливання валютного курсу та його вплив на обсяги міжнародної торгівлі є одним із важливих завдань емпіричного дослідження з моменту появи плаваючого обмінного курсу. Зміна курсу визначається, як ризик, що пов'язаний із непередбачуваними коливаннями обмінного курсу. Макроекономічні змінні такі як: відсоткові ставки, рівень інфляції, платіжний баланс, ставки податку, впливають на обмінний курс випадковим чином. Рівень зайнятості, рівень корумпованості, ВВП, дефіцит бюджету також впливають на динаміку валютного курсу.[131] Як правило макроекономічні фактори впливу на валютний курс поділяють на дві групи: економічні та неекономічні. Для першої групи можна виділити довгострокові та короткострокові фактори впливу. [131]

Таблиця. 3.1

Класифікація макроекономічних факторів впливу на валютний курс

Економічні фактори	
Короткострокові	<ul style="list-style-type: none"> - Рівень економічного зростання; - Рівень інфляції; - Облікова ставка в країні та закордоном; - Поточний платіжний баланс; - Баланс рахунку операцій з капіталом; - Спекуляції з валютою;
Довгострокові	<ul style="list-style-type: none"> - Рівень економічного розвитку країни; - Конкурентоспроможність економіки країни; - Технічний та технологічний розвиток; - Розмір зовнішнього боргу;

	<ul style="list-style-type: none"> - Дефіцит бюджету; - Відносні національні та іноземні ціни; - Потоки капіталу.
--	--

Продовження табл.3.1

Неекономічні фактори
<ul style="list-style-type: none"> - Політичний ризик (ризик озброєного конфлікту); - Природні катастрофи; - Політичне регулювання; - Психологічні фактори.

Джерело: [131]

Макроекономічні фактори впливу є нестабільними та нестійкими в залежності від стану економіки країни. Також збільшився обсяг валютних потоків за рахунок прямих іноземних інвестицій. [131]

На сьогодні є багато відомих моделей прогнозування валютного курсу.

Найпопулярнішими, особливо на ринку FOREX, є наступні моделі прогнозування валютного котирування: модель випадкового блукання (Random Walk model), модель паритету купівельної спроможності (Purchasing Power Parity model), Непокритого паритету відсоткової ставки (Uncovered Interest Rate Parity model), монетарна модель липких цін (Sticky Price Monetary model), економетричні моделі, монетарна модель Дорнбуша-Франкеля, Гібридна модель монетарних факторів та різниць на рівні продуктивності, моделі правила Тейлора, Моделі штучних нейронних мереж на основі прогнозування, нейронна мережа Feed Forward, стандарт зворотнього розповсюдження, мастабований пов'язаний градієнт, зворотне розповсюдження з баєсівською регуляризациєю. [84]

Сьогодні найчастіше застосовують гібридні моделі або комплекс економіко-математичних моделей. Так як вони є видозміненим варіантом базової моделі чи синтезом кількох моделей, що дозволяє враховувати різні

фактори впливу, коли базова модель не може бути ефективною при дослідженні ринку.

Теорії валютного курсу почали розвиватись на початку 60-х років XIX століття. Проте не зважаючи на їх велику кількість та розмаїття, більшість із них орієнтовані тільки на вирішення окремих питань, та є лише декілька наукових робіт у яких здійснюється комплексний аналіз макрофакторів та їх вплив на валютний курс.

Сучасне пояснення визначення обмінного курсу в довгостроковій перспективі ґрунтується на теорії паритету купівельної спроможності між різними валютами.

Для дослідження валютного курсу, як одного із фінансових індикаторів становища країни, побудовано економетричну модель.

В процесі аналізу і моделювання досліджувався вплив таких макроекономічних змінних, як рівень безробіття – у відсотках, витрати населення – у млн грн, індекс S&P500, облікова ставка Національного банку України (НБУ), світові ціни на нафту – у доларах Сполучених Штатів Америки (США) за барель, індекс «Першої Фондової Торговельної Системи» (ПФТС), міжнародний індекс долара (RDIB), резерви НБУ, заощадження населення, грошова маса (M0), прямі іноземні інвестиції, дохід населення, імпорт та експорт товарів, ціна на золото за грам – у доларах США, валовий внутрішній продукт України (ВВП), зовнішній борг країни та індекс споживчих цін.

Застосовуючи різні методи зведення нестационарних даних до стаціонарних, таких як взяття різниць ряду, нормалізація даних та логарифмування, побудовано три моделі. Перша – у вигляді різницевого рівняння другого порядку, друга – нелінійна модель із лаговою змінною та третя – нелінійна, логарифмічна модель.

Відображення розрахунків першої оделі у виглядві різницевих рівнянь наведено у таблиці 3.2.

Економетрична модель зі змінними у вигляді перших різниць

Dependent Variable: D(USD)
Method: Least Squares
Date: 07/11/15 Time: 23:58
Sample (adjusted): 2005Q3 2014Q3
Included observations: 37 after adjustments

Продовження табл. 3.2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	22.72449	6.790587	3.346469	0.0021
D(M0,2)	-0.000982	0.000372	-2.637131	0.0128
D(INVESTMENTS)	-0.010307	0.004385	-2.350723	0.0251
D(IMP_ABS)	-0.011270	0.002651	-4.251781	0.0002
D(RATE)	26.31933	7.429540	3.542524	0.0012
R-squared	0.599045	Mean dependent var	23.39898	
Adjusted R-squared	0.548925	S.D. dependent var	61.00165	
S.E. of regression	40.96999	Akaike info criterion	10.38864	
Sum squared resid	53713.27	Schwarz criterion	10.60634	
Log likelihood	-187.1899	Hannan-Quinn criter.	10.46539	
F-statistic	11.95235	Durbin-Watson stat	2.042155	
Prob(F-statistic)	0.000005			

Джерело: побудовано автором на основі [87]

Таблиця 3.3 є відображенням результатів тестування моделі на наявність мультиколінеарності.

Таблиця 3.3

Тест на мультиколінеарність моделі зі змінними у вигляді перших різниць

Variance Inflation Factors
Date: 11/27/16 Time: 21:40

Sample: 2006Q1 2014Q3			
Included observations: 33			
	Coefficient	Uncentered	Centered
Variable	Variance	VIF	VIF
C	46.11207	1.016447	NA

Продовження табл. 3.3

D(M0,2)	1.39E-07	1.246937	1.246937
D(INVESTMENTS)	1.92E-05	1.092065	1.092018
D(IMP_ABS)	7.03E-06	1.285502	1.281954
D(RATE)	55.19806	1.086177	1.075290

Джерело побудовано автором побудовано автором на основі [87] та моделі (3.1)

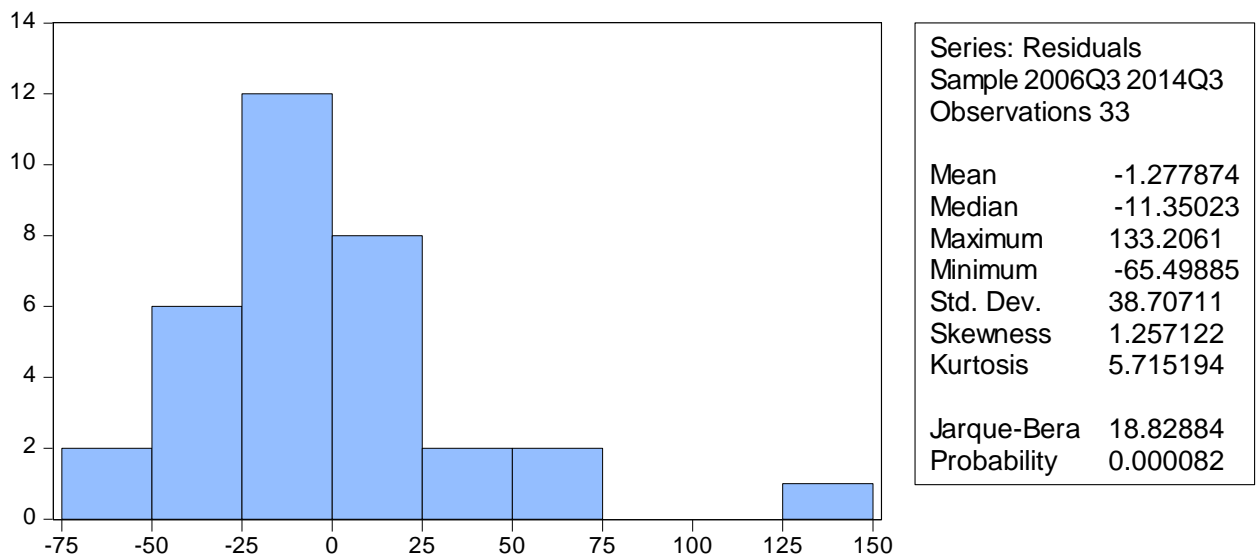


Рис. 3.4 Розподіл залишків моделі за рівнянням (3.1)

Джерело: побудовано автором побудовано автором на основі [87] та моделі (3.1)

$$D(USD) = 22,73 - 0,001D(M0,2) - 0,01D(INVESTMENTS) - 0,0113D(IMP_ABS) + 26,32D(RATE)$$

(3. 1)

де $D(USD)$ – приріст курсу долара по відношенню до гривні,
 $D(M0,2)$ – темп приросту грошової маси,
 $D(INVESTMENTS)$ – приріст інвестицій,
 $D(IMP_ABS)$ – приріст імпорту,
 $D(RATE)$ – приріст облікової ставки НБУ.

Рівняння (1.1) є різницеvim рівнянням другого порядку. Модель з різницями ряду є адекватною, коефіцієнти регресії статистично значимими. Незалежні змінні на 59,9% пояснюють зміну приросту курсу долара на валютному ринку. Відповідно слабкий зв'язок показує решта показників – вплив державної політики та встановленого режиму «валютного коридору».

За допомогою вбудованої функції Variance Inflation Factors виявлено, що мультиколінераність відсутня, і лінійного зв'язку між незалежними змінними немає.

За допомогою критерію Жака-Бера було встановлено, що залишки регресії не розподілені за нормальним законом, тому при перевірці на наступні тести будемо аналізувати отриманий результат за значенням Хі-квадрат.

За критерієм Бройша-Годфрі та за статистикою Дарбіна-Уотсона автокореляція відсутня, що відображено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Тест на авкореляцію залишків за критерієм Бройша-Годфрі

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	1.966575	Prob. F(2,26)	0.1602
Obs*R-squared	0.886702	Prob. Chi-Square(2)	0.6419
Test Equation:			
Dependent Variable: RESID			
Method: Least Squares			
Date: 10/31/16 Time: 00:16			
Sample (adjusted): 2006Q3 2014Q3			
Included observations: 33 after adjustments			

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.260067	7.585728	-0.166110	0.8694
D(M0,2)	-5.56E-05	0.000420	-0.132499	0.8956
D(INVESTMENTS)	0.006590	0.008303	0.793718	0.4345
D(IMP_ABS)	-0.000863	0.002905	-0.297001	0.7688

Продовження табл. 3.5

D(RATE)	-1.032963	8.477533	-0.121847	0.9040
RESID(-1)	-0.028767	0.210248	-0.136822	0.8922
RESID(-2)	-0.061524	0.268615	-0.229042	0.8206
R-squared	0.026870	Mean dependent var	-1.277874	
Adjusted R-squared	-0.197699	S.D. dependent var	38.70711	
S.E. of regression	42.36084	Akaike info criterion	10.51616	
Sum squared resid	46655.47	Schwarz criterion	10.83360	
Log likelihood	-166.5166	Hannan-Quinn criter.	10.62297	
F-statistic	0.119651	Durbin-Watson stat	1.940255	
Prob(F-statistic)	0.993073			

Джерело: побудовано автором побудовано автором на основі [87] та моделі (3.1)

За критерієм Глейзера встановлено, що регресія характеризується гомоскедастичністю залишків, що відображено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Тест на гетероскедастичність за критерієм Глейзера

Heteroskedasticity Test: Glejser			
F-statistic	2.703577	Prob. F(4,28)	0.0506

Obs*R-squared	9.194347	Prob. Chi-Square(4)	0.0564
Scaled explained SS	9.512630	Prob. Chi-Square(4)	0.0495
Test Equation:			
Dependent Variable: ARESID			
Method: Least Squares			
Date: 10/31/16 Time: 00:18			
Sample (adjusted): 2006Q3 2014Q3			
Included observations: 33 after adjustments			

Продовження табл.3.6

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	28.50387	4.069669	7.003977	0.0000
D(M0,2)	-0.000567	0.000214	-2.651571	0.0130
D(INVESTMENTS)	0.002932	0.004495	0.652341	0.5195
D(IMP_ABS)	-0.001508	0.001579	-0.954926	0.3478
D(RATE)	4.411239	4.294983	1.027068	0.3132
R-squared	0.278617	Mean dependent var	28.69511	
Adjusted R-squared	0.175562	S.D. dependent var	25.51046	
S.E. of regression	23.16314	Akaike info criterion	9.261728	
Sum squared resid	15022.86	Schwarz criterion	9.488472	
Log likelihood	-147.8185	Hannan-Quinn criter.	9.338021	
F-statistic	2.703577	Durbin-Watson stat	2.075201	
Prob(F-statistic)	0.050650			

Джерело: побудовано автором побудовано автором на основі [87] та моделі (3.1)

Приріст курсу долара по відношенню до гривні прямо пропорційно залежить від приросту облікової ставки, вплив якої за значенням коефіцієнту є найбільшим. При зростанні приросту імпорту, приросту грошового агрегату

M_0 , а також приросту інвестицій на одиницю, курс на валютному ринку буде зменшуватись на величину коефіцієнтів 0,01, 0,01 та 0,0113 відповідно.

Одним із способів трансформації часового ряду у стаціонарний є нормалізація за формулою (3.2):

$$x_t^n = \frac{x_t - \bar{x}}{SD}$$

(3.2)

де x_t^n – значення часового ряду, перетворене нормалізацією у часі t ;

x_t – значення часового ряду, неперетворене у часі t ;

\bar{x} – середнє значення часового ряду;

SD – стандартне відхилення [40].

За допомогою нормалізації змінних було побудовано ще одну нелінійну множинну регресію. Після зміни функціональної форми та виключення із моделі незначущих змінних отримано нові результати регресії.

Результати розрахунків моделі з нормованими змінними наведені у таблиці 3.6

Таблиця 3.7

Модель з нормованими змінними

Dependent Variable: USD_NORM				
Method: Least Squares				
Date: 07/12/15 Time: 00:01				
Sample (adjusted): 2005Q2 2014Q3				
Included observations: 38 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.773390	0.091046	-41.44474	0.0000
IMPORT_NORM	0.573012	0.100387	5.708042	0.0000
M0_NORM^2	0.617227	0.047573	12.97425	0.0000
RESERVES_NORM(-1)	0.822728	0.116496	7.062312	0.0000

SAVE_NORM	0.267734	0.060066	4.457302	0.0001
R-squared	0.891523	Mean dependent var	-2.745985	
Adjusted R-squared	0.878374	S.D. dependent var	0.793615	
S.E. of regression	0.276773	Akaike info criterion	0.390840	
Sum squared resid	2.527906	Schwarz criterion	0.606312	
Log likelihood	-2.425958	Hannan-Quinn criter.	0.467503	
F-statistic	67.80277	Durbin-Watson stat	1.503890	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Джерело: побудовано автором на основі [87]

Із таблиці 3.7 маємо, що модель адекватна, всі коефіцієнти моделі значущі, тісний зв'язок між змінними.

Загальний вигляд регресії для моделі з нормованими змінними має вигляд рівняння (3.3)

$$USD_NORM = 0,57 * IMPORT_NORM + 0,62 * M0_NORM^2 + 0,82 * RESERVES_NORM(-1) + 0,27 * SAVE_NORM - 3,77$$

(3.3)

де USD_NORM – нормалізоване значення курсу долара,

$IMPORT_NORM$ – нормалізоване значення імпорту,

$M0_NORM$ – нормалізоване значення грошового агрегату M_0 ,

$RESERVES_NORM(-1)$ – нормоване значення золотовалютних резервів із лагом,

$SAVE_NORM$ – заощадження населення.

У таблиці 3.8 відображені результати перевірки моделі на мультиколінеарність.

Таблиця 3.8

Тест на мультиколінеарність моделі (3.3)

Variance Inflation Factors
Date: 11/27/16 Time: 21:35

Sample: 2006Q1 2014Q3			
Included observations: 34			
Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	0.008289	4.112079	NA
IMPORT_NORM	0.010078	5.098436	2.496821
M0_NORM^2	0.002263	2.809997	1.581730
RESERVES_NORM(-1)	0.013571	6.124685	2.228094
SAVE_NORM	0.003608	2.074244	1.358939

Джерело: побудовано автором

Мультиколінеарність відсутня, оскільки значення VIF критерію в межах допустимих значень.

Розглянемо таблицю 3.9, у якій наведені результати тесту для виявлення такого явища як автокореляція залишків.

Таблиця 3.9

Тест на автокореляцію залишків

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	4.012195	Prob. F(2,27)	0.0298
Obs*R-squared	3.796296	Prob. Chi-Square(2)	0.1498

Джерело: побудовано автором побудовано автором на основі [87] та моделі (3.3)

При рівні надійності 0,05 автокореляція присутня. Проте при 0,01 – відсутня. Перевіримо побудовану модель на гетероскедастичність. Результити тесту містяться у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Тест моделі з нормованими змінними на гетероскедастичність

Heteroskedasticity Test: Glejser

F-statistic	3.849438	Prob. F(4,29)	0.0125
Obs*R-squared	11.79167	Prob. Chi-Square(4)	0.0190
Scaled explained SS	11.32931	Prob. Chi-Square(4)	0.0231

Джерело: побудовано автором побудовано автором на основі [87] та моделі (3.3)

В результаті маємо, що при рівні надійності 0,05 гетероскедастичність присутня, а при 0,01 – відсутня.

Рівняння (3.3) – нелінійна множинна регресія, незалежні змінні в якій на 89% пояснюють динаміку залежної змінної *USD_NORM*. Стандартна похибка невелика, а це свідчить, що помилка прогнозу буде відповідно теж невеликою, і саме прогнозне значення буде більш точним. Модель адекватна за критерієм Фішера. Всі коефіцієнти регресії є статистично значимими. За VIF критерієм відсутня мультиколінеарність.

За критерієм Жака-Бера, результати розрахунків якого містяться на рис. 3.5, свідчать про те, що залишки регресії розподілені за нормальним законом. Хоча схоже, що графік розподілу частот не підпорядковується нормальному закону.

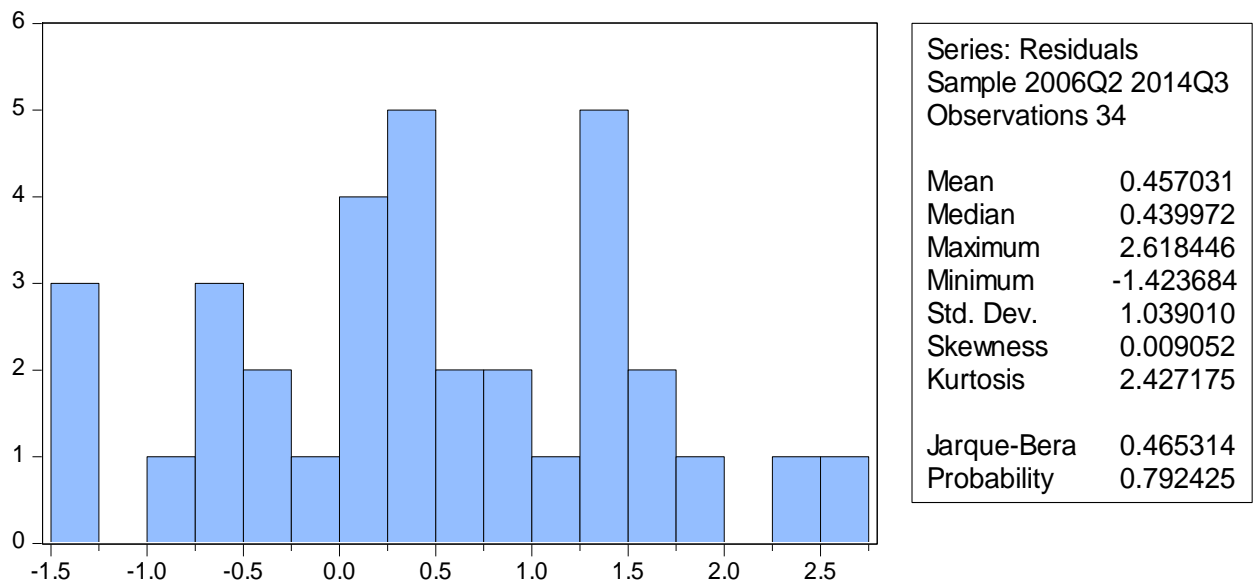


Рис.3.5 Розподіл залишків моделі (3.3)

Джерело: побудовано автором побудовано автором на основі [87] та моделі (3.3)

За допомогою тесту Льюнга-Бокса отримали, що автокореляція відсутня аж до 16 порядку. Залишки регресії є гомоскедастичними. За CUSUM тестом параметри моделі також стабільні і не виходять за 5% обмеження.

Нормалізоване значення курсу долара по відношенню до гривні прямо пропорційно залежить від: імпорту, грошової маси M_0 , запасу золотовалютних резервів попереднього періоду та заощаджень населення. Збільшення грошової маси в обігу спричинить знецінення національної грошової одиниці.

У моделі найвпливовішим фактором є запас золотовалютних резервів в країні. Проте при зростанні золотовалютних резервів гривня повинна зміцнюватись, тому знак перед змінною повинен бути протилежний. Це спричинено постійним зменшенням обсягу золотовалютних резервів країни і в моделі розуміється як сама тенденція до зменшення, тому відповідно зменшення і надалі золотовалютних запасів в державі спричинить дестабілізацію курсу і національна валюта буде дешевшати порівняно з долларом.

Третім способом приведення нестационарних рядів даних до стаціонарного вигляду є логарифмування. Побудуємо нову регресію за допомогою логарифмування кожної змінної. Результати моделі наведені у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

Результати розрахунків для моделі із логарифмованими змінними

Dependent Variable: LNUSD
Method: Least Squares
Date: 07/17/15 Time: 13:35
Sample: 2006Q1 2014Q3
Included observations: 35
HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 4.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.321073	0.601153	-5.524507	0.0000
LN_UNEMPLOYMENT	0.924498	0.231485	3.993771	0.0004
LN_SP500CLOSE	0.634315	0.059783	10.61033	0.0000
LN_RATE	0.451368	0.065266	6.915821	0.0000
LN_OIL	-0.420697	0.101231	-4.155795	0.0003
LN_GOLD	0.613490	0.085236	7.197552	0.0000
R-squared	0.960524	Mean dependent var	6.553132	
Adjusted R-squared	0.953718	S.D. dependent var	0.254749	
S.E. of regression	0.054805	Akaike info criterion	-2.815270	
Sum squared resid	0.087104	Schwarz criterion	-2.548639	

Продовження табл. 3.11

Log likelihood	55.26723	Hannan-Quinn criter.	-2.723229
F-statistic	141.1249	Durbin-Watson stat	1.681273
Prob(F-statistic)	0.000000		

Джерело: побудовано автором побудовано автором на основі [87]

В результаті за результатами ми отримали, щомодель адекватна при всіх рівнях надійності, так само і параметри моделі – значущі при всіх рівнях надійності. Досить тісний зв'язок між змінними. Високе значення коефіцієнту детермінації може свідчити про наявність мультиколінеарності. Перевіримо її присутність та відобразимо результати у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12

Тест моделі з логарифмованими змінними на мультиколінеарність

Variance Inflation Factors
Date: 11/27/16 Time: 21:37
Sample: 2006Q1 2014Q3

Included observations : 35			
Variable	Coefficient Variance	Uncentered VIF	Centered VIF
C	0.361385	7180.976	NA
LN_UNEMPLOYMENT	0.053585	4694.741	8.878436
LN_SP500CLOSE	0.003574	3588.896	1.709663
LN_RATE	0.004260	417.4911	2.756223
LN_OIL	0.010248	4000.133	6.064033
LN_GOLD	0.007265	6907.609	10.55553

Джерело: побудовано автором

Також варто перевірити і нормальність розподілу залишків моделі. Розглянемо рис. 3.6.

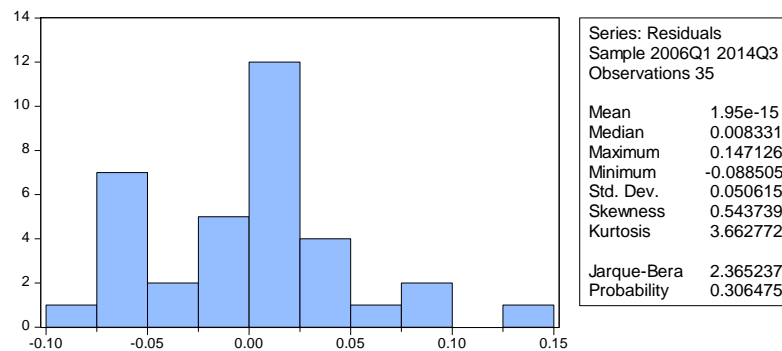


Рис. 3.6 Розподіл залишків моделі з логарифмованими змінними

Джерело: побудовано автором

Ймовірнісне значення Жака-Бера свідчить про нормальність, хоч графік розподілу свідчить про зворотнє. Таблиця 3.13 містить розрахунки перевірки моделі на автокореляцію залишків.

Таблиця 3.13

Тест на наявність автокореляції залишків Бройша-Годфрі

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.252350	Prob. F(2,27)	0.3019
Obs*R-squared	2.971204	Prob. Chi-Square(2)	0.2264

Джерело: побудовано автором

З таблиці 3.13 маємо, що автокореляція відсутня при всіх рівнях надійності. Перевіримо модель на гетероскедастичність (табл.3.14)

Таблиця 3.14

Тест на виявлення гетероскедастичності за Вайтом

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	3.071485	Prob. F(20,14)	0.0180
Obs*R-squared	28.50389	Prob. Chi-Square(20)	0.0980
Scaled explained SS	26.05361	Prob. Chi-Square(20)	0.1640

Джерело: побудовано автором

При рівні надійності 0,01 гетероскедастичність за тестом Вайта – відсутня, а при 0,05 – присутня. Тому зробимо додаткове тестування на гетероскедастичність за критерієм Харві, результати якого відображені у таблиці 3.15.

Таблиця 3.15

Тест на виявлення гетероскедастичності за Харві

Heteroskedasticity Test: Harvey			
F-statistic	2.414035	Prob. F(5,29)	0.0602
Obs*R-squared	10.28620	Prob. Chi-Square(5)	0.0675
Scaled explained SS	8.602058	Prob. Chi-Square(5)	0.1260

Джерело: побудовано автором

Регресія, розрахунки наведені у таблиці 3.11 має вигляд рівняння (3.4):

$$LN_{USD}_t = 0,719 * LN_{GOLD}_t - 0,468 * LN_{OIL}_t + 0,514 * LN_{RATE}_t + 0,646 * LN_{SP500CLOSE}_t + 0,762 * LN_{UNEMPLOYMENT}_t - 3,736$$

(3.4)

де LN_{USD} – натуральний логарифм курсу долара,

LN_{GOLD_t} – натуральний логарифм світової ціни на золото,

LN_{OIL_t} – натуральний логарифм світової ціни на нафту,

LN_{RATE_t} – натуральний логарифм облікової ставки Національного банку України,

$LN_{SP500CLOSE_t}$ – натуральний логарифм індексу Standart and Poor's 500 на момент закриття,

$LN_{UNEMPLOYMENT_t}$ – натуральний логарифм рівня безробіття.

Регресія (3.4) за критерієм Фішера є адекватною. Незалежні змінні пояснюють динаміку залежної змінної на 96%. Відхилення для вільного коефіцієнта складає 30% від ряду, що є значним фактором погіршення регресії.

Мультиколінеарність за Центральним VIF відсутня. За Нецентральним – присутня. За статистикою Жака-Бера залишки регресії розподілені за нормальним законом.

За критерієм Льюнга-Бокса автокореляція відсутня до 16 порядку. Результати розрахунків відображені у таблиці 3.16.

Таблиця 3.16

Перевірка автокореляції залишків за критерієм Льюнга-Бокса

Date: 10/31/16 Time: 00:29					
Sample: 2006Q1 2014Q3					
Included observations: 35					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
. **	. **	1	0.268	0.268	2.7355 0.098
.* .	.* .	2	-0.105	-0.190	3.1643 0.206
.* .	. .	3	-0.083	0.001	3.4453 0.328
. .	. .	4	0.056	0.070	3.5754 0.467
. .	.* .	5	-0.024	-0.087	3.6010 0.608

** .	** .	6	-0.248	-0.226	6.342	10.386
.* .	. .	7	-0.141	-0.003	7.255	10.403
.* .	** .	8	-0.203	-0.270	9.223	10.324
.* .	. .	9	-0.076	0.006	9.509	10.392
.* .	.* .	10	-0.067	-0.110	9.741	10.463
. .	. * .	11	0.069	0.078	9.998	10.531
. .	.* .	12	0.030	-0.104	10.048	10.612
.* .	.* .	13	-0.069	-0.089	10.332	10.667
. .	. .	14	0.029	-0.039	10.382	10.734
. .	.* .	15	0.029	-0.071	10.437	10.791
. .	.* .	16	0.029	-0.092	10.494	10.840

Джерело: побудовано автором

За критеріями Бройша-Пагана-Годфрі та Глейзера залишки регресії гомоскедастичні, що відображено у таблиці 3.17.

Таблиця 3.17

Тест на гетероскедастичність за критерієм Глейзера

Heteroskedasticity Test: Glejser				
F-statistic	1.278602	Prob. F(5,29)	0.2999	
Obs*R-squared	6.322021	Prob. Chi-Square(5)	0.2761	
Scaled explained SS	4.244994	Prob. Chi-Square(5)	0.5147	
Test Equation:				
Dependent Variable: ARESID				
Method: Least Squares				
Date: 10/31/16 Time: 00:28				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.178419	0.322847	0.552643	0.5847
LN_UNEMPLOYMENT	-0.189460	0.076390	-2.480154	0.0192

LN_SP500CLOSE	0.007316	0.034402	0.212663	0.8331
LN_RATE	0.038688	0.039250	0.985683	0.3324
LN_OIL	-0.069598	0.040948	-1.699663	0.0999
LN_GOLD	0.062204	0.032776	1.897839	0.0677
R-squared	0.180629	Mean dependent var	0.044303	
Adjusted R-squared	0.039358	S.D. dependent var	0.032186	
S.E. of regression	0.031547	Akaike info criterion	-3.919896	
Sum squared resid	0.028860	Schwarz criterion	-3.653265	
Log likelihood	74.59818	Hannan-Quinn criter.	-3.827855	
F-statistic	1.278602	Durbin-Watson stat	2.245856	
Prob(F-statistic)	0.299899			

Джерело: побудовано автором

З таблиці 3.17 гетероскедастичність відсутня оскільки p-value перевищує рівень надійності.

Проте параметри моделі за CUSUM тестом на початку 2014 року є нестабільними, тому можна сказати, що дестабілізація параметрів спричинена початком дестабілізації політичної ситуації в Україні.

На логарифм котирування курсу долара по відношенню до гривні прямо пропорційно впливають прологарифмовані значення: ціни на золото, відсоткової ставки, індексу Standard & Poors 500, а також рівень безробіття в країні. Обернено пропорційно на логарифм котирування курсу долара впливає прологарифмоване значення світових цін на нафту. Найбільш впливовим фактором в даній моделі є рівень безробіття. При зростанні безробіття буде зростати котирування валютного курсу, тому що національна валюта буде знецінюватись. Відповідно висока відсоткова ставка буде сприяти притоку нових інвестицій та капіталу і буде зменшувати рівень безробіття.

Перевіримо, наскільки точним буде прогноз за кожною із побудованих регресій. Для цього розширимо діапазон спостережень до 2 кварталу 2016 року. Внесемо реальні дані в кожну із незалежних змінних та спрогнозуємо майбутнє значення залежної змінної.

Розрахуємо для кожної регресії прогнозні значення за період з 4 кварталу 2014 року до 2 кварталу 2016 року та порівняємо їх із реальними даними. Результати розрахунків наведені у таблиці 3.18.

Таблиця 3.18

Прогнозні значення із використанням трьох регресій та реальні дані

Дата	Логарифмування	Нормалізація	Прирости	Реальні дані
2014 кв.4	1583,436	1769,149	2637,657	1444,21
2015 кв.1	2359,868	1663,785	2862,076	2118,293
2015 кв.2	2367,938	1916,139	3253,832	2161,919
2015 кв.3	2392,726	1845,234	3490,923	2172,255
2015 кв. 4	2420,31	2172,172	3369,081	2285,411

Продовження табл.3.18

2016 кв. 1	2920,72	2015,186	3228,91	2566,964
2016 кв. 2	2410,949	2155,257	3216,451	2526,244

Джерело: розраховано автором у Eviews та Excel

Оцінимо точність прогнозу у відсотках за допомогою розрахунку середньої абсолютної похибки за формулою (3.4):

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{Z(t) - \bar{Z}(t)}{Z(t)} * 100 \%$$

(3.4)

де $Z(t)$ – фактичне значення часового ряду, $\bar{Z}(t)$ – прогнозне значення часового ряду.

Результати розрахунків за формулою (3.4) містяться у таблиці 3.19.

Таблиця 3.19

Розрахунок похибки прогнозу за трьома регресіями

Показник	Прирости	Нормалізація	Логарифмування
<i>MAPE</i>	30,97%	18,02%	8,51%

Джерело: розраховано автором на основі [87] та прогнозних значень

Прогноз є достатньо точним при значенні MAPE до 10%. Якщо середня абсолютна похибка у відсотках становить 10 - 20% тоді прогноз є достатньо хорошим, а при 20 - 50% вважається допустимим[138].

Проте характеристика прогнозу для різних ринків та прогнозованих часових рядів буде різною. Наприклад, для стабільного ринку, де коливання цін не є частим явищем, показник MAPE для прогнозованих значень має бути менший, ніж для більш динамічних ринків. Отже, в нашому випадку можна сказати, що логарифмічна модель є найкращою, оскільки похибка прогнозу становить лише 8,51%, що є дуже хорошим показником точності прогнозованих значень, особливо в період економічної та політичної дестабілізації. Другою моделлю за якістю прогнозованих значень є модель із нормованими змінними. Допустимою за прогнозом є модель із першими різницями часових рядів.

Отже, проведені дослідження показують, що фінансові ринки дійсно є нелінійним, тому найкращим чином динаміку зміни котирувань індикаторів описують саме нелінійні моделі.

Допоміжним інструментом аналізу динаміки валютного курсу може слугувати теорія паритету купівельної спроможності.

Згідно з теорією паритету купівельної спроможності (ПКС) ціни на гомогенні товари, що беруть участь у зовнішньоторговельному обороті, в різних країнах пристосовуються таким чином, щоб бути збалансованими. Відповідним чином пристосовується і валютний курс в країнах, що досліджуються. Розрахуємо курс долара США до гривні за абсолютним паритетом купівельної спроможності та сформуємо результати у вигляді таблиці 3.20.

Таблиця 3.20

**Розрахунок валютного курсу на основі теорії абсолютного паритету
купівельної спроможності**

Продукти	USA	Ukraine	Розрахунковий валютний курс
Молоко	0,99	10,8	10,91
Білий хліб	2,5	7,2	2,88
М'ясо птиці	8,45	31,18	3,69
Пара взуття	87,22	1500	17,20
Бензин	0,75	20,27	27,03
Вода 1.5 л	1,77	8,10	4,58
Ціна на золото	36,05	789,42	21,90
Всього	137,73	2366,97	17,19

Джерело: сформовано автором на основі даних [87]

За результатами обчислень було отримано, що розрахунковий курс гривні по відношенню до долара складає 17,19 грн., в той час як валютний курс на міжбанку – майже 22 гривні (21,94 станом на 06.09.2015). Проте середня зарплата складає близько 2500 доларів у США, в Україні ж на 2015 рік середня зарплата становила 3954,286 грн. відповідно, середня зарплата за ПКС (паритетом купівельної спроможності) складає 230 доларів. Якщо ж розрахувати середню зарплату за курсом на міжбанку, то вона становитиме 179,74 доларів. Таким чином, курс долара за ПКС у 1,3 рази нижчий за курс на міжбанку. Така різниця між курсом за ПКС та курсом на міжбанку спричинена тим, що при зростанні курсу на міжбанку ціни на товари теж зростають, але повільніше, тому що при рівності курсів за ПКС та на міжбанку кінцевий споживач не зможе купувати продукцію, через що купівельна спроможність населення досягне негативного результату.

Валютний курс у країні в залежності від економічної політики та політики уряду може підпорядковуватись наступному із режимів: фіксованому, вільно плаваючому, регульовано плаваючому, множинному. Встановлення певного режиму валютного котирування здійснюється з метою стабілізації економічних процесів у країні. З 1997 року в Україні був встановлений режим регульованого плаваючого курсу, який інакше

називається «валютний коридор». При регульованому плаваючому курсі відчутний вплив Національного (Центрального) банку, який вирівнює коротко- та середньострокові коливання курсу на валютному ринку. Проте за такого режиму необхідна наявність значних валютних резервів. При цьому також відбувається зростання ролі фіскальної та монетарної політики уряду, яка здійснюється з метою регулювання котирування курсу валют по відношенню до національної грошової одиниці.

Паритет купівельної спроможності дає лише приблизні оцінки прогнозованого валютного курсу, і тому його доцільно використовувати як допоміжний засіб при прогнозуванні.

На рисунку 3.7 відображено вплив деяких факторів, які визначають курс валюти за паритетом купівельної спроможності.

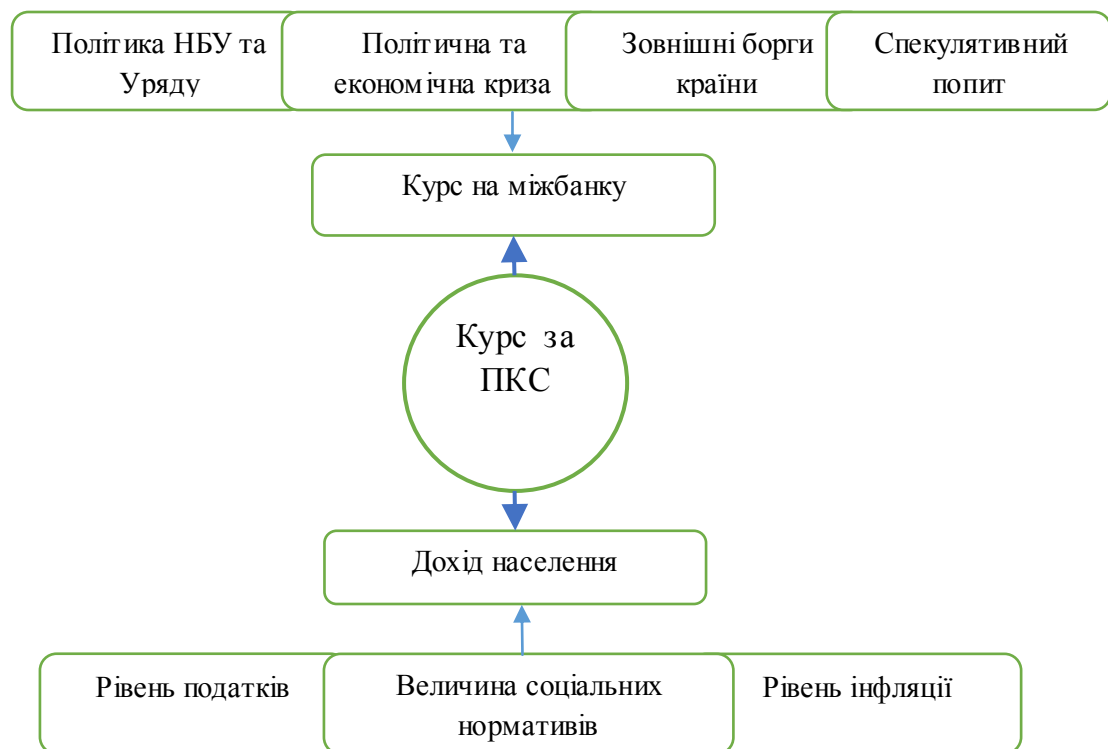


Рис.3.7 Вплив факторів на доходи населення, курс на міжбанку, курс за паритетом купівельної спроможності.

Джерело: побудовано автором

Центральний банк як ключовий інститут на валютному ринку країни може впливати на валютний курс за допомогою інтервенцій, монетарної політики тощо.

Валютною інтервенцією є операція щодо купівлі чи продажу іноземної валюти Центральним (Національним) банком. Така операція здійснюється з метою підтримання ринкового курсу національної валюти. Валютні інтервенції мають позитивний вплив при короткострокових чи середньострокових змінах в попиті та пропозиції. Проте у випадку довгострокових коливань, що спричинені внутрішніми макропроцесами, політичною нестабільністю, така політика призведе до поліпшення стану національної валюти лише на певний час, далі уряд повинен впроваджувати заходи для врівноваження платіжного балансу. В протилежному випадку зменшення валютних резервів призведе до кризи на валютному ринку.

В Україні Національний банк застосовує валютні інтервенції, валютні обмеження, дисконтну політику з метою валютного регулювання.

Режим «валютного коридору» надає підтримку та опір на валютному ринку, що дозволяє сформувати уявлення про розкид цін. Чим ширший валютний коридор, тим в більшій мірі коливання валютного курсу відповідає реальному співвідношенню ринкового попиту та пропозиції на валюту.

Проте при проведенні дослідження виникають проблеми із отриманням деяких даних для розрахунків у зв'язку із затримкою їх публікації на офіційних сайтах проміжком часу у квартал. Взагалі слід зазначити, що прогнозування є більш ефективним та інформативним для країн із стабільними економічним та політичним станами.

Протягом багатьох десятиліть вивчали та досліджували явища на валютному ринку. Вчені та науковці із різних країн світу намагались описати динаміку явищ та процесів на валютному ринку за допомогою різних моделей. Описано багато способів прогнозування майбутніх значень котирувань та виділено в окремі напрями. Проте для прогнозування необхідна стабільність як в економіці, так і в політиці країни, тоді прогнозні значення будуть

найбільш точними та близькими до реальних. Неможливо включити до моделі всі фактори впливу. Значну роль також відіграє і політика уряду, Центрального (Національного) банку. Також значну роль відіграє і статистика. Аналітику опрацювати дані, які є або недоступними, або неповними, або різнотипними є складно, і приведення даних до єдиного вигляду займає чимало часу.

Існують деякі недоліки такого прогнозування та моделювання. Наприклад, складно передбачити такі показники, як грошова маса чи відсоткова ставка, коефіцієнти кореляції в моделі можуть бути мінливими, що буде призводити до значної похибки у прогнозі. Проте у побудованій економетричній моделі, що записана у логарифмічному вигляді, підтверджено значний вплив макроекономічних факторів: ціна на золото, нафту, облікова ставка Національного банку, котирування фондового індексу SP500, рівень безробіття, а точність прогнозу за 7 періодів склала 8,51 %, що вказує на високу точність прогнозних значень.

3.2 Дослідження волатильності фінансових індикаторів та специфікація моделі сімейства GARCH

Прогнозування волатильності є актуальним завданням на фінансових ринках. Цей напрям дослідження займає лідируючі позиції по індексу цитування у відомій компанії Thomson Reuters. В сучасних умовах загальної економічної нестабільності особливу актуальність набувають проблеми прогнозування дохідності та оцінки ризиків, що можуть бути реалізованими за допомогою інструменту волатильності.

Волатильність часового ряду може використовуватись як характеристика прогнозування руху ринку. Крім того вона відіграє значну роль при побудові моделей для оцінки вартості похідних фінансових інструментів, оптимізації інвестиційних портфелів, управління ризиками [165].

Ранні емпіричні дослідження в фінансовій економіці фокусувались на моделюванні безумовних розподілів цінових змін. Проте нормального розподілу недостатньо, тому що цінові зміни мають важкі хвости. Це відхилення від нормального розподілу і зазвичай вимірюється ексцесом щільності функції розподілу. При Гаусівському розподілі ексцес повинен дорівнювати нулю. Позитивне значення вказує на наявність важких хвостів, повільний спад ймовірнісної функції щільності. Негаусівський характер розподілу цінової динаміки неодноразово був спостережуваний у різних фінансових часових рядах. Функція розподілу фінансових часових рядів зазвичай є негаусівською, з вузьким піком та важкими хвостами. Такі властивості недостатньо обмежують вибір певного розподілу.

Більшість пераметричних моделей мають хоча б чотири параметри: параметр місця, масштаб, волатильність та параметр, що описує зникнення хвостів і в деяких випадках параметр асиметрії.

Важкі хвости, довгострокова залежність є результатом мультифрактальної поведінки фінансового ряду [181].

Більшість фінансових індикаторів характеризуються такими властивостями:

- нестационарність. Дохідність зазвичай стаціонарна. Деякі фінансові часові ряди є інтегрованими;
- автокореляція в рядах дохідностей в більшості випадків слабка або відсутня;
- серійна незалежність між квадратами значень ряду часто відхиляється на користь наявності нелінійної залежності між послідовними спостереженнями;
- волатильність дохідностей часових рядів є кластеризованою;
- нормальність відхиляється на користь деякого розподілу з важкими «хвостами»;
- у деяких часових рядах присутній «ефект левериджу», тобто зміна цін акцій від'ємно корелюють зі зміною волатильності. Наприклад,

при падінні ціни фірми, співвідношення позичкового та власного капіталу зазвичай зростає. Це підвищує волатильність акціонерного капіталу, якщо дохідність постійна. Проте деколи реакція волатильності при зміні дохідності велика, тому вона не може повністю пояснюватись ефектом левериджу;

- волатильність різних цінних паперів часто рухається в одному напрямі [163].

Розроблені Р.Інглом та Р.Боллерслом ARCH- та GARCH-моделі на сьогодні є найбільш розповсюдженими та визнаними, часто використовуваними на практиці. Фінансові ряди, як зазначалось вище, характеризуються кластиризацією, тому періоди високої та низької волатильності володіють інертністю в часі. Сімейство GARCH-моделей дозволяє вловлювати таку особливість. Крім цього GARCH-моделі допомагають відобразити асиметрію та «важкі хвости».

У статті [130] автори проводили порівняльний аналіз 330 моделей GARCH-сімейства і показали, що при розгляді обмінних курсів жодна модель не перевершила в термінах статистичної значущості базову GARCH (1,1) – модель.

Коли ситуація на фінансових ринках нестабільна і характеризується високою мінливістю значень різних показників (курсів валют, акцій, біржових індексів, ставок по кредитах і т.д.), має місце мінливість дисперсії на різних інтервалах спостереження, тобто явище гетероскедастичності. У таких умовах звичайні лінійні регресійні моделі виявляються ненадійними. Одним з можливих варіантів розв'язання проблеми є введення в розгляд деякої випадкової величини, від якої залежить дисперсія.

У 1982 р. Р. Енгл запропонував модель (3.5), яка визначає залежність дисперсії від інших величин. Дана модель отримала назву ARCH-модель (Autoregressive Conditional Heteroscedastic model), в якій використовується умовна, залежна від часу дисперсія, яка може бути виражена через квадрат значень показників минулих періодів.

$$\sigma^2(t) = a + \sum_{i=1}^a b_i r_{t-1}^2 \quad (3.5)$$

де a – коефіцієнт затримки (лагу) або базова волатильність.

Іншими словами, ARCH-модель дозволяє змоделювати волатильність у вигляді суми константної базової волатильності і лінійної функції абсолютних значень декількох останніх змін цін.

У 1986 році Т. Боллерслев запропонував GARCH-модель (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic model) – узагальнену авторегресійну модель гетероскедастичності, яка передбачає, що на поточну мінливість дисперсії впливають як попередні зміни показників, так і попередні оцінки дисперсії («старі новини»). Відповідно до цієї моделі (GARCH (p, q)) розрахунок дисперсії проводиться за формулою (3.6):

$$\sigma^2(t) = a + \sum_{i=1}^a b_i r_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^p c_i \sigma_{t-1}^2$$

(3.6)

де p - кількість попередніх оцінок, які впливають на поточне значення, b, c - вагові коефіцієнти, що відображають ступінь впливу попередніх оцінок на поточний значення [95].

На практиці модель GARCH зазвичай доповнюють будь-якою моделлю, яка описує поведінку умовного або безумовного середнього спостережуваного ряду. Нехай маємо прибутковість, що визначається за формулою (3.7):

$$r_t = \mu + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

Можна припустити, що спостережуваний ряд має постійне безумовне математичне сподівання μ , до якого додається збурення ε_t у вигляді процесу GARCH. Можна моделювати математичне сподівання за допомогою лінійної регресії (3.8):

$$r_t = X_t \beta + \varepsilon_t$$

(3.8)

Це дозволяє враховувати лінійній тренд, детерміновані сезонні змінні.

Досить перспективною для прогнозування є модель, що поєднує у собі ARMA та GARCH.

ARMA (k, l) є комбінацією двох різних типів процесів AR (k) і MA (l) і приймає вигляд (3.9):

$$X_t = \sum_{j=1}^k \beta_j X_{t-j} + \varepsilon_t + \sum_{j=1}^l \alpha_j \varepsilon_{t-j} \quad (3.9)$$

де ε_t є «білим шумом», тобто задовольняє умови теореми Гауса-Маркова.

Стационарність ARMA процесу виявляється тільки його AR частиною. Тому умови ті ж самі, що і у процесу AR: всі корені характеристичного рівняння $\lambda^k - \beta_1 \lambda^{k-1} - \dots - \beta_k = 0$ лежать в середині одиничного кола. Така умова є необхідною та достатньою.

Вибір порядку моделі можна здійснювати за допомогою критерію Шварца, Акайке метод переоцінює порядок моделі [151].

Як відзначають багато авторів, в тому числі Пейган і Шверт [145], найкращим тестом для моделей є порівняння їх продуктивності поза тестовою вибіркою. Для цього зазвичай оцінюється усереднена помилка прогнозів волатильності. Оскільки результати такого порівняння істотно залежать від самого критерію, розглядаємо відразу чотири найбільш популярних серед дослідників критерії:

$$MSE_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sigma_t^2 - h_t^2)^2,$$

$$MSE_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\sigma_t - h_t)^2,$$

$$MAE_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\sigma_t^2 - h_t^2|,$$

$$MAE_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\sigma_t - h_t|,$$

де σ_t – умовна волатильність, h_t – спрогнозована волатильність [147].

Найкращим інструментом ідентифікації порядку моделі є графіки автокореляції залишків для y_t та часткової автокореляції залишків y_t^2 , тоді легко виявити періоди підвищеної варіації.

Наприклад, якщо присутні всплески на графіку для y_t – білий шум та y_t^2 – AR(1), тоді пропонується ARCH(1) модель.

Також варто відмітити, що для прогнозування волатильності, необхідно правильно специфікувати модель та обрати найкращу. Для цього потрібно:

1. визначити перелік моделей, які будуть аналізуватись з метою майбутнього використання;
2. оцінити обрані моделі на частині нашої вибірки;
3. використати оцінені моделі для прогнозування майбутніх значень;
4. обрати модель, що має найменшу похибку.

При оцінюванні моделі варто звернути увагу на властивості залишків. Це означає, що автокореляція та ARCH ефекти мають бути відсутніми.

Діагностика GARCH моделей є одним із важливих етапів моделювання, специфікації та оцінювання параметрів. Перед побудовою моделі для таких фінансових індикаторів, як фондовий індекс чи валютна пара, в першу чергу будується графік дохідності часового ряду та здійснюється аналіз отриманого результату. Графік дохідності допомагає виявити чи присутня кластеризація волатильності. Далі будується гістограма з основними числовими характеристиками ряду. Важливими для нас є асиметричність (skewness) та ексцес (kurtosis). Тест Жака-Бера для часового ряду дає можливість виявити чи присутні «важкі хвости». Для діагностики моделей використовуються тести Жака-Бера, Шапіро-Уїлка, Льюнга-Бокса, LM ARCH тест.

Тест Жака-Бера та Шапіро-Уїлка використовуються для дослідження нормальності розподілу залишків моделі. Якщо за даними тесту p-value значення $< 0,05$, тоді гіпотеза про нормальність розподілу залишків відхиляється.

Тест Льюнга-Бокса та LM ARCH тест потрібні для того, щоб виявити чи є автокореляція залишків чи ні, а також їх застосування дозволяє визначити чи є часовий ряд випадковим блуканням.

Також після того, як всі моделі оцінені та протестовані, варто звернути увагу на інформаційні критерії Шварца, Ханана-Квіна, Баєсівський та Акайке. За інформаційними критеріями варто обирати ту модель, яка характеризується найменшими значеннями. Для виявлення кластеризації та гетероскедастичності в часовому ряді, рекомендується використовувати ARCH LM тест для 5 лагів.

Для побудови моделі в першу чергу потрібно побудувати звичайну регресію для середнього GARCH моделі та виявити, що краще його моделює процес авторегресії чи ковзне середнє, чи, можливо, ARMA процес. Щоб виявити найкращий процес для моделювання середнього – оцінюються AR, MA, ARMA-моделі та обирається найкраща з них.

Крім того для того, щоб правильно специфікувати модель, потрібно виявити, який із розподілів ймовірностей для збурень буде найкращим.

Найпопулярніші розподіли щільності для збурень наведені у таблиці 3.21.

Таблиця 3.21

Умовний розподіл щільності для ε_t

Назва	Розподіл	Параметри
Normal	$\frac{1}{\sqrt{2\pi h_t}} \exp\left\{-\frac{\varepsilon_t^2}{2}\right\}$	немає
Student's t	$\frac{K(v)}{\sqrt{h_t}} \left[1 + \frac{\varepsilon_t^2}{v-2}\right]^{-(v+1)/2}$	$v > 2$
Generalised Error Distribution (GED)	$C(v) \exp\left\{-\left \frac{\varepsilon_t^2}{K_v}\right ^v\right\}$	$v > 0$

Skewed t	$\frac{bK(v)}{\sqrt{h_t}} \left[1 + \frac{\xi_t^2}{v-2} \right]^{-(v+1)/2}$	$v > 2, \xi \in R$
Skewed GED	$D(v) \exp\{-\beta_1 \varepsilon_t - m ^v\}, \varepsilon_t < m$ $D(v) \exp\{-\beta_2 \varepsilon_t - m ^v\}, \varepsilon_t \geq m$	$v > 0, \xi \in R$

Джерело: [148]

$$\text{де } K(v) = \frac{\Gamma[(v+1)/2]}{\sqrt{\pi(v-2)}\Gamma(v-2)}; \quad C(v) = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{\Gamma(3/v)}{\Gamma(1/v)^3}}; \quad K_v = \sqrt{2^{-\frac{2}{v}} \frac{\Gamma(1/v)}{\Gamma(3/v)}};$$

$$a = K(v) * 4\lambda \left(\frac{v-2}{v-1} \right); \quad b = \sqrt{1 + 3\lambda^2 - a^2}; \quad \lambda = \tanh(\xi);$$

$$\xi_t = \begin{cases} \frac{b\varepsilon_t + a}{1 - \lambda} & \text{для } \varepsilon_t < -a/b, \\ \frac{b\varepsilon_t + a}{1 + \lambda} & \text{для } \varepsilon_t > -a/b; \end{cases}$$

$$D(v) = \frac{1}{\Gamma(1/v)} \sqrt{\frac{\Gamma(3/v)}{2*\Gamma(1/v)} \left(\frac{1+\lambda}{1-\lambda} \right) - (2\lambda\Gamma(2/v))^2}. \quad [90]$$

Далі обирається найкраща модель із сімейства GARCH. Важливими перевагами авторегресійних моделей є їх простота і прозорість моделювання, однаковість аналізу і проектування, що описано у роботі [61]. На сьогоднішній день даний клас моделей є одним з найбільш популярних [104], а тому в відкритому доступі легко знайти приклади застосування для вирішення задач прогнозування часових рядів різних предметних областей.

Найбільшим недоліком таких моделей є відсутність здатності моделювати нелінійні явища та процеси, які часто зустрічаються на практиці. Тому перед використанням моделей авторегресії необхідно аналізувати часовий ряд за допомогою нелінійних методів, наприклад, як мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій. У випадку появи аномальних явищ при дослідженні часових рядів, що виявлені за допомогою МФАДФ, сенсу прогнозувати волатильність немає. Якщо за допомогою мультифрактального аналізу виявлено, що часовий ряд характеризується

стабільністю, тоді можна прогнозувати волатильність фінансових часових рядів.

Перед початком моделювання GARCH методами варто побудувати модель для середнього. Зазвичай це здійснюється за допомогою авторегресії, ковзного середнього, чи в поєднанні у вигляді ARMA процесів.

В результаті були отримані моделі з ARMA(0,1), ARMA(1,0), ARMA(1,1), ARMA(1,2), ARMA(2,1), ARMA(2,2), ARMA(2,3), ARMA(3,3) для дохідності фондового індексу WIG. Найкраща модель обирається за найнижчими інформаційними критеріями, що відображені в таблиці 3.22.

Таблиця 3.22

Порівняння ARMA моделей різних порядків для дохідності WIG

Модель	Akaike	Schwarz	Hannan-Quinn
ARMA(0,1)	3,271905	3,275545	3,273207
ARMA(1,0)	3,272547	3,276187	3,273849
ARMA(1,1)	3,271323	3,276785	3,273276
ARMA(1,2)	3,271915	3,279197	3,274519
ARMA(2,1)	3,271978	3,279261	3,274583
ARMA(2,2)	3,2704117	3,279521	3,273673
ARMA(2,3)	3,272935	3,283860	3,276842
ARMA(3,2)	3,273374	3,284302	3,277282
ARMA(3,3)	3,2701033	3,282883	3,274693

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Найкращим і найточнішим критерієм вважається інформаційний критерій Шварца (Schwarz), також бачимо, що за критерієм Ханана-Квіна та Шварца найкращою є модель з ковзним середнім, тобто ARMA(0,1).

Для побудови моделі GARCH будемо використовувати процес ARMA(0,1), результати наведені у таблиці 3.23.

Таблиця 3.23

GARCH модель (1,1) та ARMA(0,1)

Dependent Variable: WIG_RETURN				
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution				
Date: 10/25/16 Time: 00:40				
Sample (adjusted): 11/21/2003 10/11/2016				
Included observations: 3363 after adjustments				
Convergence achieved after 12 iterations				
MA Backcast: 11/20/2003				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.057968	0.019293	3.004672	0.0027
MA(1)	0.082462	0.017920	4.601711	0.0000
Variance Equation				
C	0.017030	0.003742	4.551152	0.0000
RESID(-1)^2	0.073452	0.006444	11.39917	0.0000
GARCH(-1)	0.916834	0.007332	125.0407	0.0000
R-squared	0.008549	Mean dependent var	0.035694	
Adjusted R-squared	0.008254	S.D. dependent var	1.247480	
S.E. of regression	1.242321	Akaike info criterion	3.044338	

Продовження табл. 3.23

Sum squared resid	5187.237	Schwarz criterion	3.053438
Log likelihood	-5114.054	Hannan-Quinn criter.	3.047592
Durbin-Watson stat	1.973567		

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Спробуємо побудувати модель із сімейства GARCH, зокрема GJR, що є розширенням GARCH (1,1) і дозволяє включити в себе таке поняття, як «асиметрія». Результати розрахунків відображені у Таблиці 3.24.

Таблиця 3.24

GJR модель (1,1) та ARMA(0,1)

Dependent Variable: WIG_RETURN				
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution				
Date: 10/25/16 Time: 00:42				
Sample (adjusted): 11/21/2003 10/11/2016				
Included observations: 3363 after adjustments				
Convergence achieved after 13 iterations				
MA Backcast: 11/20/2003				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0) + C(6)*GARCH(-1)				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.043280	0.019625	2.205347	0.0274
MA(1)	0.086841	0.018277	4.751297	0.0000
Variance Equation				
C	0.020661	0.003920	5.270979	0.0000
RESID(-1)^2	0.046311	0.008216	5.636673	0.0000

Продовження табл. 3.24

RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	0.050973	0.009247	5.512227	0.0000
GARCH(-1)	0.914607	0.007883	116.0208	0.0000
R-squared	0.008906	Mean dependent var	0.035694	
Adjusted R-squared	0.008611	S.D. dependent var	1.247480	

S.E. of regression	1.242097	Akaike info criterion	3.039238
Sum squared resid	5185.371	Schwarz criterion	3.050158
Log likelihood	-5104.479	Hannan-Quinn criter.	3.043143
Durbin-Watson stat	1.982501		

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Із таблиці 3.24 маємо, що інформаційні критерії стали меншими порівняно із звичайною GARCH(1,1). Це свідчить про те, що дана модель є кращою.

Наступна модель EGARCH, яка дозволяє враховувати як симетричність так і асиметричність даних. Результати розрахунків відображені у Таблиці 3.25.

Таблиця 3.25

Результати моделювання EGARCH моделі (1,1) з ARMA(0,1)

Dependent Variable: WIG_RETURN				
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution				
Date: 10/25/16 Time: 00:43				
Sample (adjusted): 11/21/2003 10/11/2016				
Included observations: 3363 after adjustments				
Convergence achieved after 17 iterations				
MA Backcast: 11/20/2003				
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
LOG(GARCH) = C(3) + C(4)*ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))) + C(5) *RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(6)*LOG(GARCH(-1))				

Продовження табл. 3.25

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.048841	0.019447	2.511524	0.0120
MA(1)	0.089918	0.017413	5.163948	0.0000

Variance Equation				
C(3)	-0.111909	0.009939	-11.25992	0.0000
C(4)	0.150225	0.013098	11.46962	0.0000
C(5)	-0.049870	0.007031	-7.092515	0.0000
C(6)	0.983949	0.002942	334.4277	0.0000
R-squared	0.008905	Mean dependent var	0.035694	
Adjusted R-squared	0.008610	S.D. dependent var	1.247480	
S.E. of regression	1.242098	Akaike info criterion	3.034744	
Sum squared resid	5185.377	Schwarz criterion	3.045664	
Log likelihood	-5096.922	Hannan-Quinn criter.	3.038649	
Durbin-Watson stat	1.988323			

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Значення інформаційних критеріїв ще зменшились, проте дані, які ми використовуємо, не розподілені за нормальним законом. Тому для останньої кращої моделі за інформаційними критеріями змінимо нормальний розподіл на розподіл Стьюдента (табл.3.26).

Таблиця 3.26

EGARCH модель (1,1) з ARMA(0,1) та розподілом Стьюдента

Dependent Variable: WIG_RETURN
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution
Date: 10/25/16 Time: 00:44
Sample (adjusted): 11/21/2003 10/11/2016

Продовження табл.3.26

Included observations: 3363 after adjustments
Convergence achieved after 18 iterations
MA Backcast: 11/20/2003

Presample variance: backcast (parameter = 0.7)				
LOG(GARCH) = C(3) + C(4)*ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))) + C(5) *RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(6)*LOG(GARCH(-1))				
Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.059146	0.017792	3.324256	0.0009
MA(1)	0.070084	0.017873	3.921172	0.0001
Variance Equation				
C(3)	-0.107593	0.012831	-8.385433	0.0000
C(4)	0.143974	0.017187	8.377127	0.0000
C(5)	-0.047125	0.009987	-4.718772	0.0000
C(6)	0.985013	0.003881	253.8002	0.0000
T-DIST. DOF	7.541004	0.901696	8.363136	0.0000
R-squared	0.007991	Mean dependent var	0.035694	
Adjusted R-squared	0.007696	S.D. dependent var	1.247480	
S.E. of regression	1.242671	Akaike info criterion	3.000960	
Sum squared resid	5190.158	Schwarz criterion	3.013700	
Log likelihood	-5039.114	Hannan-Quinn criter.	3.005516	
Durbin-Watson stat	1.949626			
Inverted MA Roots	-.07			

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Бачимо, що в таблиці 3.25 отримано цікаві результати моделі EGARCH з розподілом Стюдента. Інформаційні критерії істотно знизилися. Ця модель перевершує усі попередні моделі, зокрема GARCH (1,1), GJR та EGARCH з нормальним розподілом.

Коефіцієнт асиметрії, $C(4)$, має додатне значення, це означає, що дисперсія зменшується швидше після негативних збурень, ніж після позитивних збурень. Рівняння (3.10) – це рівняння EGARCH моделі (1,1) з процесом ARMA(0,1) та розподілом Стюдента.

$$\begin{aligned} \text{LOG}(GARCH) = & \\ & -0.107592763407 + 0.143974416455 * \\ & \text{ABS}\left(\frac{\text{RESID}(-1)}{\text{@SQRT}(GARCH(-1))}\right) - 0.0471252524172 * \\ & \frac{\text{RESID}(-1)}{\text{@SQRT}(GARCH(-1))} + 0.985012845626 * \text{LOG}(GARCH(-1)) \end{aligned} \quad (3.10)$$

На рис. 3.8 відображено динаміку розрахункової дисперсії дохідності WIG.

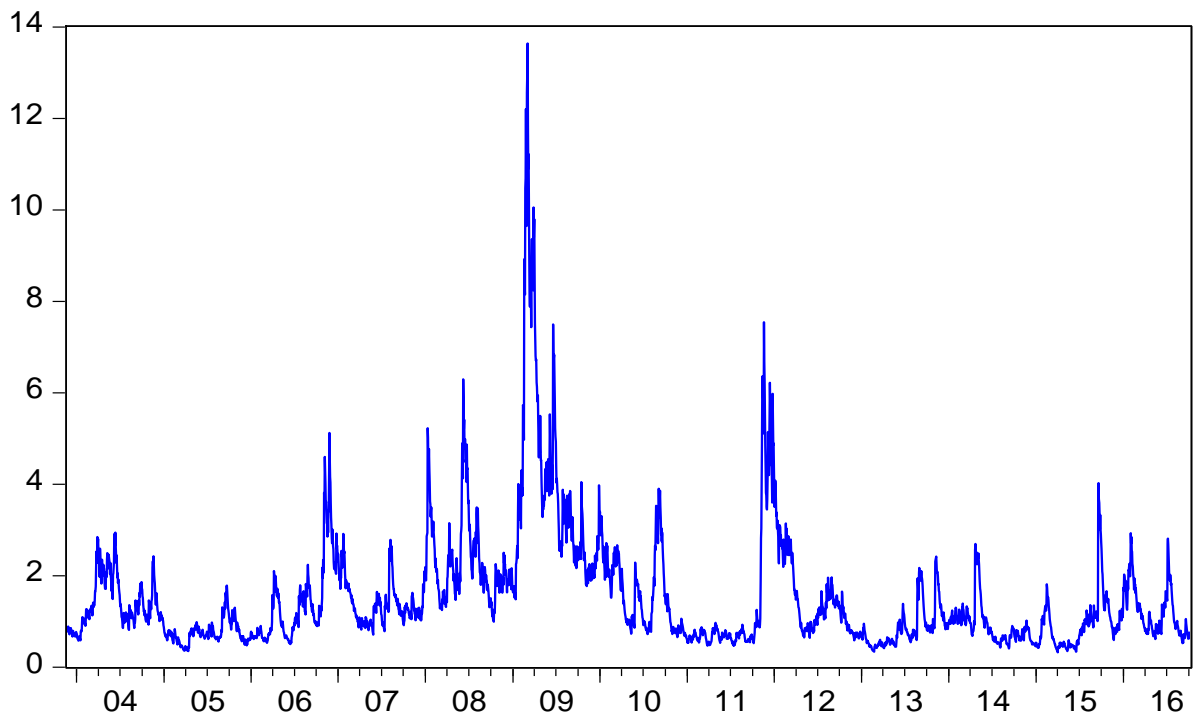


Рис. 3.8 Розрахункова дисперсія дохідності фондового індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

На рис. 3.9 відображено динаміку умовного стандартного відхилення.

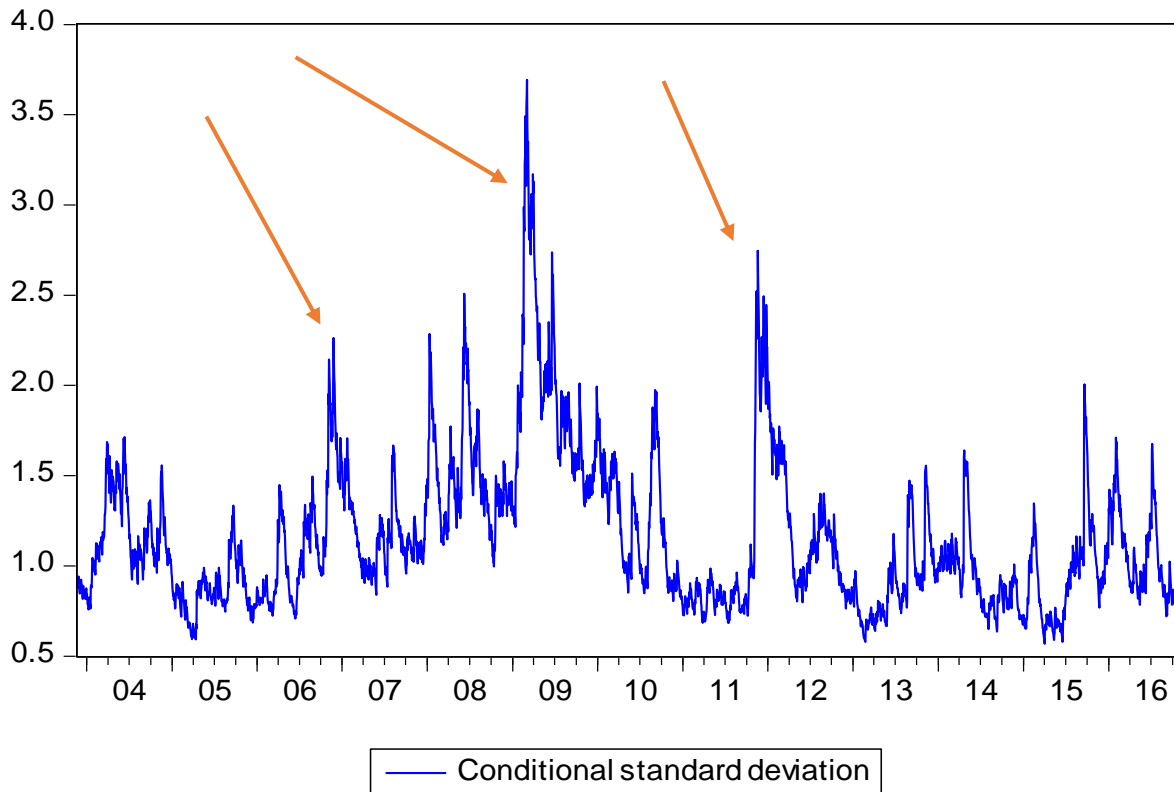


Рис. 3.9 Умовне стандартне відхилення для дохідності WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

На рис. 3.9 бачимо, що умовне стандартне відхилення на графіку показує короткі періоди високої волатильності.

За допомогою тесту ARCH перевіряємо наявність ARCH-ефектів. Результати розрахунків відображені у Таблиці 3.27.

Таблиця 3.27

ARCH тест на виявлення ARCH-ефектів

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	1.578062	Prob. F(5,3352)	0.1627
Obs*R-squared	7.885871	Prob. Chi-Square(5)	0.1626
Test Equation:			
Dependent Variable: WGT_RESID^2			
Method: Least Squares			

Продовження табл. 3.27

Date: 10/25/16 Time: 00:53				
Sample (adjusted): 11/28/2003 10/11/2016				
Included observations: 3358 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.008454	0.051654	19.52312	0.0000
WGT_RESID^2(-1)	0.002445	0.017270	0.141592	0.8874
WGT_RESID^2(-2)	-0.042510	0.017268	-2.461827	0.0139
WGT_RESID^2(-3)	0.000858	0.017283	0.049629	0.9604
WGT_RESID^2(-4)	0.014359	0.017267	0.831546	0.4057
WGT_RESID^2(-5)	0.016587	0.017269	0.960513	0.3369
R-squared	0.002348	Mean dependent var	1.000203	
Adjusted R-squared	0.000860	S.D. dependent var	1.936164	
S.E. of regression	1.935331	Akaike info criterion	4.160219	
Sum squared resid	12554.94	Schwarz criterion	4.171152	
Log likelihood	-6979.008	Hannan-Quinn criter.	4.164129	
F-statistic	1.578062	Durbin-Watson stat	2.000130	
Prob(F-statistic)	0.162713			

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Із таблиці 3.26 значення p-value складає 0.1627, що дозволяє прийняти гіпотезу при усіх рівнях значущості про відсутність ARCH-ефектів. Тест дозволяє визначити аномалії у часовій динаміці в умовній волатильності, тому пропонуються різні моделі сімейства ARCH/GARCH для дослідження цієї динаміки.

Перевіримо модель на наявність автокореляції залишків за допомогою корелограми стандартизованих залишків моделі EGARCH.

На рис. 3.27 видно, що після порівняння p-value із рівнем значущості 0,05 можна стверджувати, що автокореляція залишків відсутня до 36 порядку.

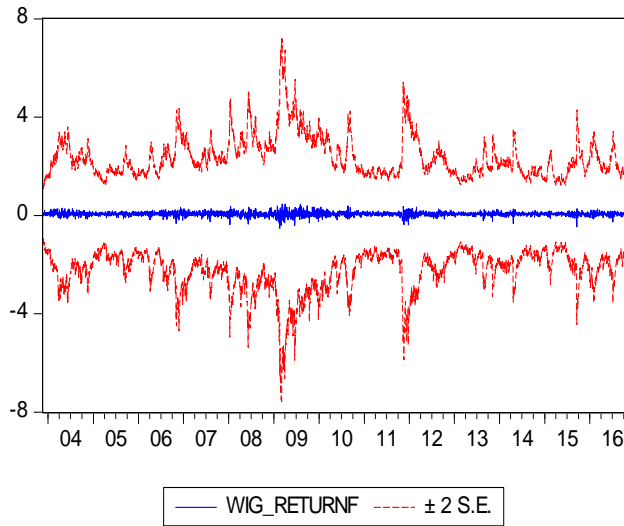
Date: 10/25/16 Time: 00:54
 Sample: 11/21/2003 10/11/2016
 Included observations: 3363
 Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.016	0.016	0.8787	
		2	-0.019	-0.019	2.0726	0.150
		3	0.010	0.011	2.4208	0.298
		4	-0.009	-0.010	2.6987	0.440
		5	0.014	0.014	3.3358	0.503
		6	0.029	0.028	6.0937	0.297
		7	0.014	0.013	6.7125	0.348
		8	-0.006	-0.005	6.8198	0.448
		9	0.013	0.013	7.3688	0.497
		10	0.015	0.014	8.1112	0.523
		11	0.026	0.026	10.476	0.400
		12	0.001	-0.001	10.478	0.488
		13	-0.003	-0.003	10.516	0.571
		14	-0.021	-0.022	12.023	0.526
		15	0.039	0.040	17.240	0.244
		16	-0.017	-0.021	18.182	0.253
		17	0.016	0.017	19.025	0.267
		18	0.004	0.000	19.071	0.324
		19	-0.015	-0.013	19.842	0.342
		20	-0.016	-0.017	20.708	0.353
		21	0.031	0.029	23.873	0.248
		22	0.012	0.009	24.369	0.276
		23	-0.010	-0.009	24.738	0.310
		24	0.010	0.009	25.089	0.346
		25	0.014	0.015	25.734	0.367
		26	-0.008	-0.009	25.938	0.411
		27	-0.019	-0.020	27.183	0.400
		28	-0.031	-0.033	30.403	0.296
		29	0.017	0.021	31.438	0.298
		30	-0.019	-0.024	32.692	0.290
		31	-0.015	-0.012	33.457	0.303
		32	0.024	0.020	35.454	0.266
		33	-0.043	-0.042	41.738	0.116
		34	0.008	0.012	41.956	0.136
		35	0.005	0.004	42.049	0.162
		36	-0.014	-0.014	42.744	0.173

Рис. 3.27 Корелограма стандартизованих залишків моделі EGARCH

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

За допомогою вбудованої функції побудуємо статичний та динамічний прогнози волатильності для дохідності фінансового індикатору WIG. Результати прогнозування волатильності часового ряду наведені на рис.3.28 та 3.29.



Forecast:	WIG_RETURNF
Actual:	WIG_RETURN
Forecast sample:	11/20/2003 10/11/...
Included observations:	3364
Root Mean Squared Error	1.241954
Mean Absolute Error	0.887096
Mean Abs. Percent Error	164.9481
Theil Inequality Coefficient	0.918750
Bias Proportion	0.000317
Variance Proportion	0.872256
Covariance Proportion	0.127427

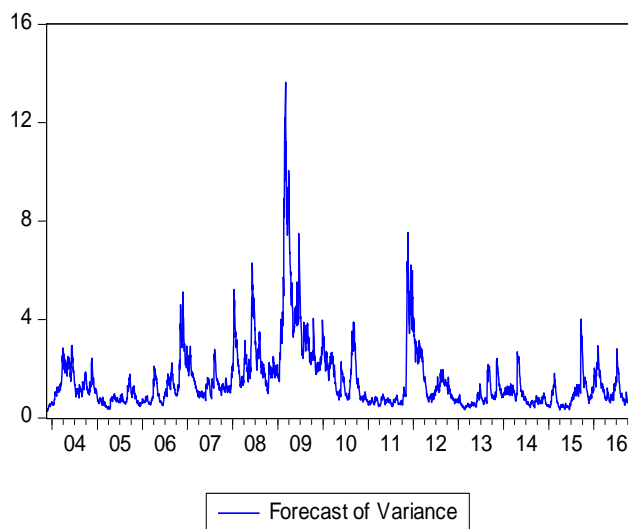


Рис.3.28 Статичний прогноз волатильності дохідності індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Для прогнозування волатильності існує різниця між статичним (in-sample «у вибірці») та динамічним прогнозом (out-of-sample «поза вибіркою»).

Для прогнозування «у вибірці» - це відображення придатності побудованої моделі. Прогнозування майбутніх значень, тобто прогнозування «поза вибіркою» здійснюється за допомогою динамічного прогнозу.

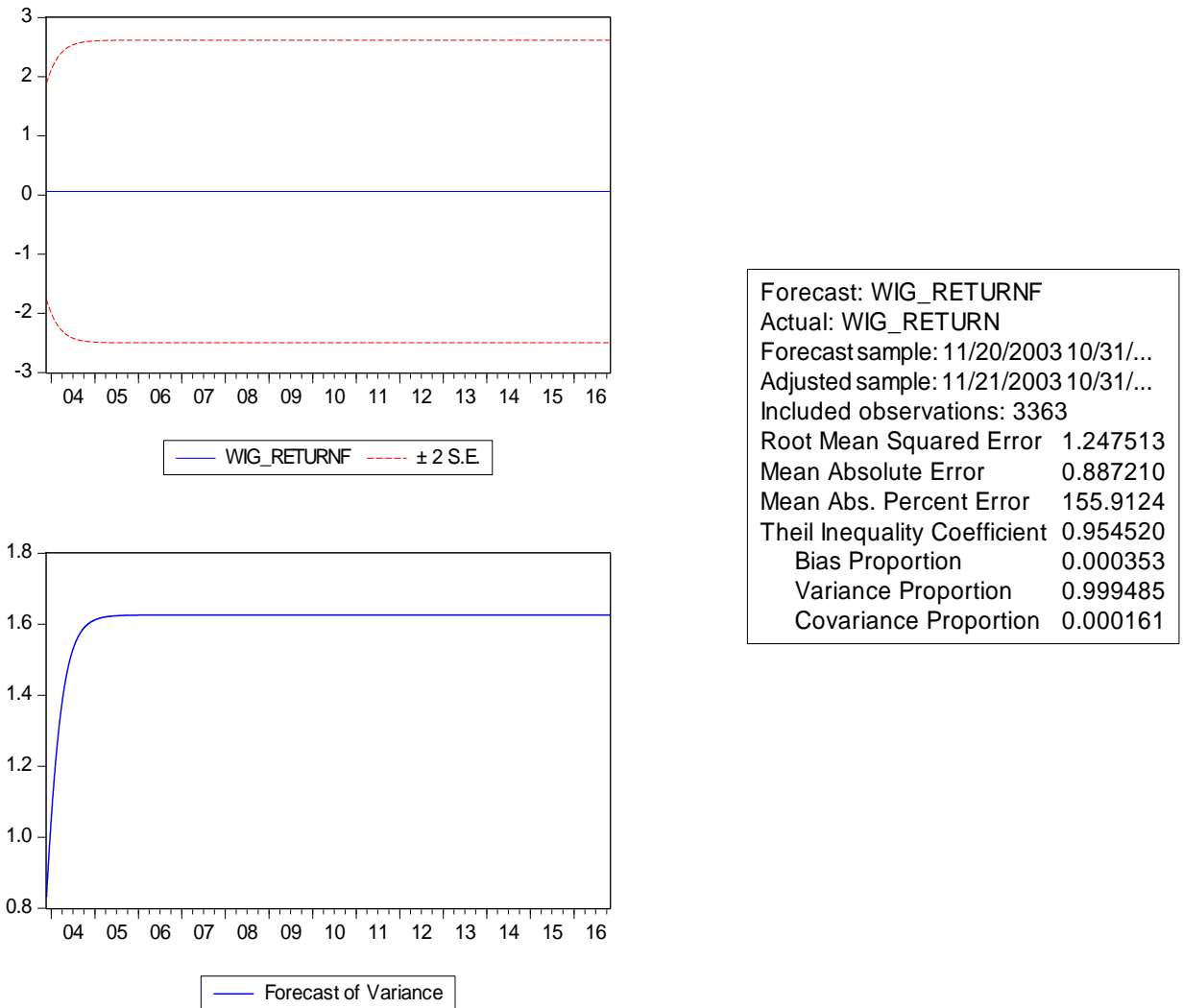


Рис.3.29 Динамічний прогноз волатильності дохідності індексу WIG
Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

В результаті застосування економетричного інструментарію отримано модель (3.10) яку можна записати у наступному вигляді:

$$\ln \sigma^2 = -1,108 + 0,144 \cdot \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - 0,047 \cdot \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + 0,0985 \cdot \ln \sigma_{t-1} \quad (3.11)$$

де σ^2 – умовна дисперсія часового ряду;

ε_t – білий шум.

Присутність ефекту левериджу можна виявити у випадку якщо $\beta_i < 0$. Вплив левериджу є асиметричним, якщо $\beta_i \neq 0$. Усі коефіцієнти рівняння (3.11) є значущими при рівні надійності 0,05 за критерієм Стьюдента. В отриманій EGARCH моделі (3.2) $\omega \approx -0.11$, $\alpha \approx 0.14$, $\beta \approx -0.047$, $\eta \approx 0.98$, де ω визначає волатильність останнього періоду, α - вплив довгострокової волатильності, β вказує на ефект фінансового важеля. Асиметрія негативна, тобто негативний шок має більший вплив на волатильність, ніж позитивні шоки такого ж масштабу. Значення негативних шоків із збереженням асиметрії волатильності вказує на те, що інвестори більш схильні реагувати на негативні новини, ніж на позитивні.

Отже, важливим у фінансових дослідженнях є моделювання волатильності (volatility), яка вимірюється в основному середньо-квадратичним відхиленням або дисперсією та належить до нелінійних процесів. Як правило, точне визначення певного типу нелінійності можливе лише в контексті певної моделі. Однак досить узагальнено економічний часовий ряд (процес) можна вважати нелінійним, якщо тривалі та короткі шоки мають різний вплив на зміну цього ряду, тобто зміна ряду як відповідь на шок непропорційна щодо його розміру. Додатково можна припустити, що ряд нелінійний, якщо його реакція на шоки залежить від того, негативні чи позитивні ці шоки [186]

3.3 Моделювання взаємозв'язку та прогнозування динаміки фінансових індикаторів на основі VAR-моделі

Кожен фондовий індекс прямопропорційно залежить від цін на акції, що входять в розрахункову базу індексу. Тому зростання фондового індексу свідчить про зміцнення стану економіки країни. Справедливе і зворотнє твердження, спад індексу свідчить про спад в економіці держави.

Зміна фондових індексів знаходить своє відображення на валютному ринку. Тому при дослідженні валютної пари необхідно вивчити динаміку

зміни фондових індексів країн. Якщо індекс однієї країни зростає, а іншої - знижується, то з деякою похибкою можна стверджувати, що така тенденція позначиться і на валютному ринку, тобто курс валюти першої країни зросте порівняно з валютою іншої. Якщо обидва фондових індекси мають динаміку зростання, то необхідно розглядати наскільки динаміка зростання одного індексу випереджає динаміку іншого.

Використання фондових індикаторів для прогнозування зміни валютного курсу має сенс тільки на середньострокових та довгострокових перспективах. Крім того, вплив фондового ринку на валютний має деяку інерцію і виявляється не одразу. В деяких випадках відбувається зворотній вплив, коли зміна курсів на валютному ринку призводять до зростання чи падіння ціни на акції. Тому варто розуміти, який вплив є першопричинним, а це не завжди легко.

Д. Мерфі [31], що є основоположником теорії міжринкового технічного аналізу, запропонував гіпотезу і довів, що всі ринки взаємопов'язані і не можуть розвиватись окремо. Крім того, він стверджує, що ми не можемо точно знати, на якому з ринків почнуться зміни, які потім відобразяться на всіх ринках. Тому необхідно розглядати ринок як єдине ціле.

Можна оцінити зміни на фінансових ринках, спостерігаючи за пов'язаними з ним ринками. Наприклад, ринок акцій та цін на нафту, дохідність облігацій і ціна на товари, ціна на товари та курс іноземних валют, тощо.

Для дослідження динаміки кількох часових рядів, значення яких залежать від попередніх спостережень, застосовується модель векторної авторегресії (VAR). VAR-модель запропонована Крістофером Сімсом як альтернатива системі одночасних рівнянь, які передбачають суттєві теоретичні обмеження [132].

VAR-моделі вільні від обмежень структурних моделей. Проте, проблема VAR-моделей полягає в різкому зростанні кількості параметрів зі збільшенням кількості аналізованих часових рядів і кількості лагів.

VAR-моделі застосовуються для систем прогнозування взаємопов'язаних часових рядів і для аналізу динамічного впливу збурень (шоків) на систему обраних для дослідження показників.

Відмінною особливістю використання VAR-моделей є спрямованість не так на отримання висновків щодо оптимальної економічної політики, необхідної для досягнення заявлених економічних цілей, як на пошук емпіричних свідчень щодо реакції макроекономічних змінних на шоки економічної політики і виявлення адекватної теоретичної моделі економіки.

Прогнози, отримані на основі VAR-моделей, є досить гнучкими, оскільки можуть бути залежні від майбутніх траєкторій. Вона являє собою систему рівнянь, в якій значення кожної ендогенної змінної визначається попередніми значеннями не тільки досліджуваної, а й інших ендогенних змінних системи. Також VAR-моделі можуть включати поточні і лагові значення екзогенних змінних, а також логічні змінні, що відповідають за зміну режимів в економічній політиці або окремі шоки в економіці.

VAR-модель являє собою систему з незалежними регресійними рівняннями, що забезпечує її ідентифікованість, а отже, можливість отримання ефективних оцінок при використанні МНК.

VAR-модель або VAR (p) для ендогенних змінних Y_1 та Y_2 при обраному порядку моделі $p = 2$ являє собою систему рівнянь (3.12):

$$\begin{cases} Y_{1t} = \alpha_{11}Y_{1t-1} + \alpha_{12}Y_{1t-2} + \beta_{11}Y_{2t-1} + \beta_{12}Y_{2t-2} + \alpha_1 + u_{1t} \\ Y_{2t} = \alpha_{21}Y_{1t-1} + \alpha_{22}Y_{1t-2} + \beta_{21}Y_{2t-1} + \beta_{22}Y_{2t-2} + \alpha_2 + u_{2t} \end{cases} \quad (3.12)$$

Ендогенні змінні, взяті з лагом, називаються напередвизначеними і відносять при аналізі систем до екзогенних змінних. Кожне рівняння окремо являє собою модель авторегресії та розподілених лагів, що позначається ARDL (p; p) або ADL (p; p). Наведена модель (3.12) є замкнутою.

VAR-модель при включенні екзогенних змінних X_1, X_2 матиме вигляд (3.13):

$$\begin{cases} Y_{1t} = \alpha_{11}Y_{1t-1} + \alpha_{12}Y_{1t-2} + \beta_{11}Y_{2t-1} + \\ + \beta_{12}Y_{2t-2} + \alpha_1 + u_{1t} + \gamma_{11}X_{1t} + \gamma_{12}X_{2t} \\ Y_{2t} = \alpha_{21}Y_{1t-1} + \alpha_{22}Y_{1t-2} + \beta_{21}Y_{2t-1} + \\ + \beta_{22}Y_{2t-2} + \alpha_2 + u_{2t} + \gamma_{21}X_{1t} + \gamma_{22}X_{2t} \end{cases} \quad (3.13)$$

Екзогенні змінні вводяться в VAR-модель (3.13) з метою підвищення її загальної якості. Наведена модель є відкритою. Етапи побудови VAR-моделей схожі із побудовою ARMA-моделей [136]:

- 1) тестування часових рядів і специфікація моделі згідно стохастичних властивостей рядів показників;
- 2) ідентифікація моделі: визначення р-значення, тестування причинно-наслідкових зв'язків;
- 3) оцінювання параметрів моделі за допомогою МНК.

При визначенні р-значення тестується:

- 1) максимальне значення даного параметра на основі значень інформаційних критеріїв: AIC - значення інформаційного критерію Акайке, SIC - значення інформаційного критерію Шварца, HQ – значення інформаційного критерію Хенна-Куїнна, зване тестом на довжину лагу;
- 2) оптимальний параметр р-значення може відрізнитися в залежності від конкретного інформаційного критерію, в загальному випадку необхідно побудувати і протестувати моделі для всіх р-значень, обраних на основі інформаційних критеріїв.

При підтвердженні наявності причинно-наслідкових зв'язків на основі підходу Грейнджера тестується [137]:

- 1) причинно-наслідковий зв'язок для кожної ендогенної змінної та інших ендогенних змінних по парам;
- 2) причинно-наслідковий зв'язок для кожної ендогенної змінної і сукупності інших ендогенних змінних;
- 3) причинно-наслідковий зв'язок ендогенних змінних з екзогенними змінними в відкритих VAR-моделях не тестується.

Висновки про реакцію макроекономічних змінних на шоки економічної політики робляться на основі аналізу імпульсних реакцій, «шок» або «інновація» - одномоментна зміна ендогенної (екзогенної) змінної, рівне її одному стандартному відхиленню. Функція імпульсної реакції характеризує час повернення ендогенної змінної до рівноважної траєкторії при одиничному збуренні екзогенної змінної декомпозиції (розкладання) дисперсій помилок прогнозів.

Функції імпульсної реакції показують наслідки від потрясінь на шляху переходу змінної в інший стан. Прогноз розкладу дисперсії похибки допомагає оцінити роль кожного типу шоку дисперсії похибки для такого прогнозу. Обидва методи дослідження є корисними для оцінки того, як шоки економічних змінних вплинуть на систему.

Нехай маємо VAR(p) модель (3.14) [139]:

$$\Phi(L)y_t = t, \text{ де} \quad (3.14),$$

$$\Phi(L) = I - \Phi_1 L - \Phi_2 L^2 - \dots - \Phi_p L^p \quad (3.15),$$

Припустимо, що виконується умова стаціонарності, аналогічно одновимірному випадку вектор MA є відображенням y_t :

$$y_t = \Phi^{-1}(L)\epsilon_t = \epsilon_t + \sum_{i=1}^{\infty} \psi_i \epsilon_{t-i}, \quad (3.16),$$

де ψ_i - матриця коефіцієнтів $m \times m$.

Стохастична складова ϵ_t являє собою шоки у системі. Уявимо, що у нас є випадковий шок ϵ_t , що впливає на y_t , s періодів вперед:

$$\frac{\partial y_{t+s}}{\partial \epsilon_t} = \psi_s \quad (3.17),$$

Відповідно, матриці ψ інтерпретуються як граничні ефекти, або реакція моделі на одиницю шоку (або інновації) в момент часу t в кожній із змінних. Економісти називають такі параметри динамічними мультиплікаторами.

Для дохідностей фондового ринку імпульсні реакції визначають зворотні ефекти.

Декомпозиція дисперсій є складовою дисперсії похибки прогнозу досліджуваної ендогенної змінної, що обумовлені шоком або інновацією інших ендогенних змінних, тобто внесок кожної з цих змінних в дисперсію прогнозу досліджуваного показника.

Результат декомпозиції дисперсій прогнозів представляється як перелік часток кожного з доданків в загальній сумі (у відсотках) або відповідний графік.

Важливим етапом моделювання взаємовпливу між змінними є побудова VAR моделі. Побудова моделі векторної авторегресії (VAR) зазвичай використовується для систем прогнозування взаємопов'язаних часових рядів та для аналізу динамічного впливу випадкових шоків (збурень) на систему змінних. Дослідимо вплив шоків для фінансових індикаторів EUR/USD та WIG, та їх зв'язок.

Порівнюючи графіки дохідностей обох часових рядів на рис. 3.30 та 3.31, бачимо, що їх волатильність дещо схожа, але дохідність індексу WIG є більшою.

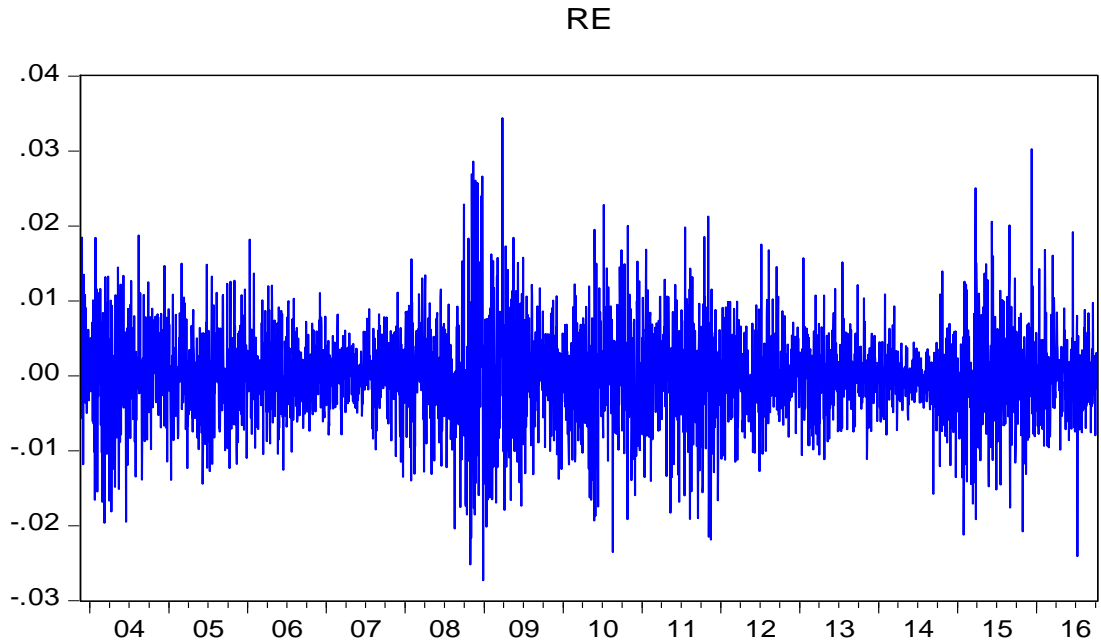


Рис.3.30 Волатильність дохідності валютної пари EUR/USD

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

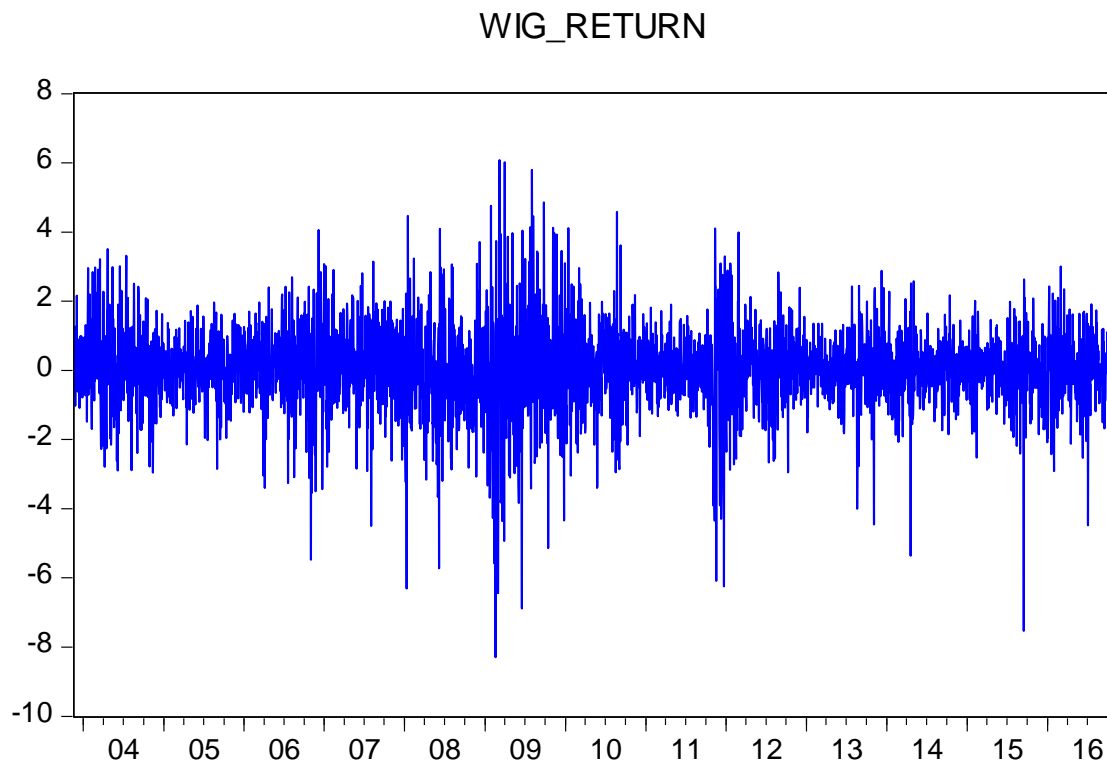


Рис.3.31 Волатильність дохідності фінансового індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Для моделювання необхідно визначити кількість лагів, які потрібно включити до моделі. За допомогою інформаційних критеріїв: Акайке, Шварца

та Ханана-Квіна, із таблиці 3.27 бачимо, що кількість лагів, яка має бути включена до VAR-моделі становить 1.

Таблиця 3.27

Вибір порядку лагу для включення його у VAR модель

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
VAR Lag Order Selection						
Criteria						
Endogenous variables: WIG_RETURN						
RE						
Exogenous variables: C						
Date: 11/01/16 Time: 15:22						
Sample: 11/20/2003 10/10/2016						
Included observations: 3354						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ

Продовження табл. 3.27

0	6735.650	NA	6.18e-05	-4.015295	4.011647*	-4.013990
1	6750.441	29.55643*	6.14e-05*	4.021730*	-4.010786	4.017816*
2	6753.630	6.368808	6.15e-05	-4.021247	-4.003006	-4.014723
3	6756.169	5.065813	6.15e-05	-4.020375	-3.994838	-4.011241
4	6760.154	7.948837	6.15e-05	-4.020366	-3.987533	-4.008623
5	6761.566	2.815924	6.16e-05	-4.018823	-3.978694	-4.004470
6	6762.907	2.670261	6.17e-05	-4.017237	-3.969811	-4.000275
7	6763.201	0.586341	6.19e-05	-4.015028	-3.960306	-3.995456
8	6766.208	5.982631	6.19e-05	-4.014435	-3.952417	-3.992254
* indicates lag order selected by the criterion						

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Далі побудуємо VAR-модель із порядком лагу 1. Результати розрахунків відображені у таблиці 3.28.

Таблиця 3.28

VAR – модель для фондового індексу WIG та валютної пари EUR/USD

Vector Autoregression Estimates		
Date: 11/01/16 Time: 15:25		
Sample (adjusted): 11/24/2003 10/10/2016		
Included observations: 3361 after adjustments		
Standard errors in () & t-statistics in []		
WIG_RETURNRE		
WIG_RETURN(-1)	0.091755 (0.01718) [5.34083]	6.63E-06 (8.7E-05) [0.07606]
RE(-1)	-3.163451 (3.39980) [-0.93048]	-0.011634 (0.01726) [-0.67421]
C	0.031746 (0.02144)	-1.41E-05 (0.00011)

Продовження табл.3.28

	[1.48065]	[-0.12942]
R-squared	0.008670	0.000137
Adj. R-squared	0.008080	-0.000459
Sum sq. resids	5184.019	0.133540
S.E. equation	1.242490	0.006306
F-statistic	14.68436	0.230061
Log likelihood	-5497.284	12260.04
Akaike AIC	3.273004	-7.293684
Schwarz SC	3.278467	-7.288221
Mean dependent	0.035019	-1.37E-05
S.D. dependent	1.247540	0.006305
Determinant resid covariance (dof adj.)	6.14E-05	
Determinant resid covariance	6.13E-05	
Log likelihood	6762.758	
Akaike information criterion	-4.020683	
Schwarz criterion	-4.009758	

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Запишемо побудовану VAR - модель у вигляді системи рівнянь першого порядку (3.18):

$$\begin{cases} WIG_{RETURN} = 0,09 \cdot WIG_{RETURN_{t-1}} \\ \quad - 3,16 \cdot RE_{t-1} + 0,03, \\ RE = (6,6e - 06) \cdot WIG_{RETURN_{t-1}} \\ \quad - 0,012 \cdot RE_{t-1} - 1,4e - 05; \end{cases} \quad (3.18)$$

З моделі (3.18) можна зробити висновок, що на дохідність фондового індексу WIG прямопропорційно впливає попереднє його значення, а обернено пропорційно на динаміку волатильності індексу WIG впливає дохідність валютної пари євро/долар. Звертаючи увагу на коефіцієнт при змінній у моделі, варто зазначити, що сила впливу дохідності валютної пари є більшою, ніж лагове значення дохідності фондового індексу.

Варто відмітити, що вплив попереднього значення валютного котирування має сильніший вплив, ніж лагове значення дохідності фондового індексу. Це зумовлено тим, що на котирування валютного курсу впливають попит та пропозиція, а також інші фактори макроекономічного, політичного характеру.

Моделі векторної авторегресії не можна аналізувати як звичайну лінійну чи множинну регресії. Для таких моделей розроблені спеціальні інструменти аналізу. Щоб модель була вдалою, потрібно, щоб корені знаходились в межах одиничного кола, що і спостерігаємо на рис. 3.32. Якщо ж навпаки, корені знаходяться за межами кола, тоді модель не варто використовувати для подальшого аналізу часових рядів.

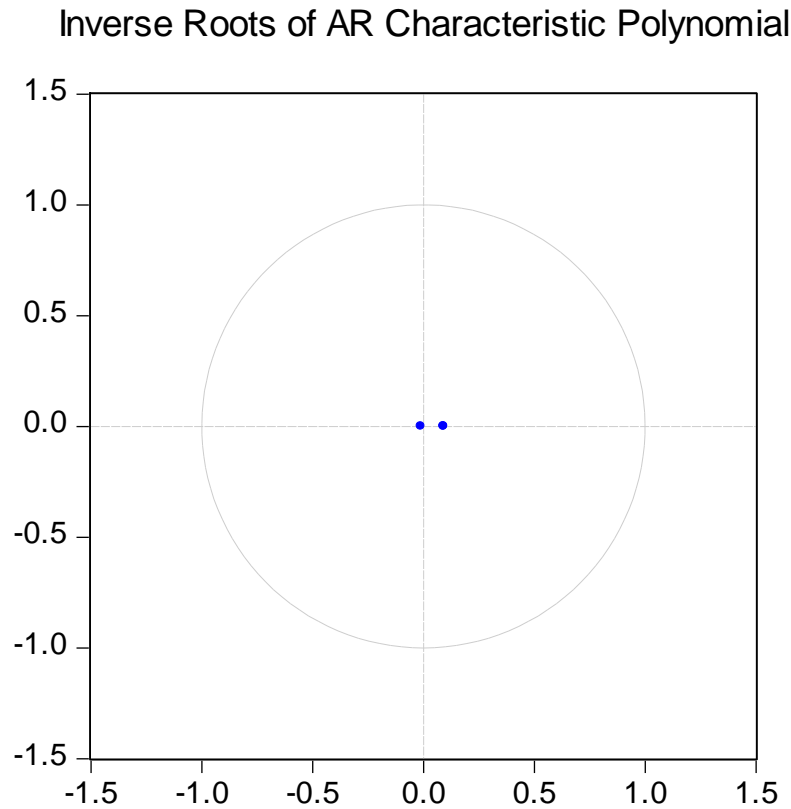


Рис.3.32 Обернені корені AR поліноміальних характеристик

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Тест Грейнджера є необхідним для того, щоб визначити чи використані для дослідження часові ряди є потрібними для прогнозування [55]. Зазвичай регресії відображають в більшості кореляцію, проте Грейнджер стверджував, що причинно-наслідковий зв'язок в економіці можна перевірити, вимірявши здатність передбачати майбутні значення часового ряду, використовуючи попередні значення іншого часового ряду [149]. Результати тесту наведено у таблиці 3.29.

Таблиця 3.29

**Тест Грейнджера на виявлення зв'язків між часовими рядами та їх
здатність прогнозувати**

VAR Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests Date: 11/01/16 Time: 15:25 Sample: 11/20/2003 10/10/2016 Included observations: 3361
Dependent variable: WIG_RETURN

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
RE	0.865797	1	0.3521
All	0.865797	1	0.3521
Dependent variable: RE			
Excluded	Chi-sq	df	Prob.
WIG_RETURN	0.005785	1	0.9394
All	0.005785	1	0.9394

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [102]

Результати вказують на те, що наші p-value для обох змінних є більшими за 0,05, тому гіпотезу про те, що часові ряди мають вплив один на одного і можуть бути використані для прогнозування приймаємо.

Для того, що виявити чи якісна модель, необхідно провести серію інших тестів. Одним з яких є перевірка на наявність автокореляції. Автокореляція є негативним явищем, що погіршує якість моделі, а як наслідок виникає при неправильній специфікації моделі. Також, якщо автокореляція присутня її потрібно позбуватись або вводити нову змінну.

Перевірку на наявність автокореляції проведено за допомогою тесту Портмонто (Portmanteau).

Таблиця 3.30

Перевірка автокореляції за допомогою тесту Портмонто

VAR Residual Portmanteau Tests for Autocorrelations					
Null Hypothesis: no residual autocorrelations up to lag h					
Date: 11/01/16 Time: 15:26					
Sample: 11/20/2003 10/10/2016					
Included observations: 3361					
Lags	Q-Stat	Prob.	Adj Q-Stat	Prob.	df

1	0.046454	NA*	0.046468	NA*	NA*
2	7.185943	0.4098	7.190208	0.4093	7
3	11.56144	0.3975	11.56961	0.3968	11
4	18.92079	0.2173	18.93773	0.2166	15
5	21.62318	0.3034	21.64415	0.3023	19
6	24.60657	0.3709	24.63287	0.3695	23
7	24.98595	0.5752	25.01305	0.5737	27
8	31.01504	0.4655	31.05652	0.4634	31
9	35.46777	0.4462	35.52120	0.4437	35
10	40.56087	0.4014	40.62951	0.3985	39
11	42.84503	0.4780	42.92117	0.4747	43
12	44.49925	0.5767	44.58131	0.5733	47

*The test is valid only for lags larger than the VAR lag order.

df is degrees of freedom for (approximate) chi-square distribution

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Із таблиці 3.30 бачимо за p-value, що автокореляція відсутня до 12 порядку, що підтверджує якість побудованої моделі.

Побудуємо графіки функцій імпульсних реакцій та відобразимо на рис.3.33.

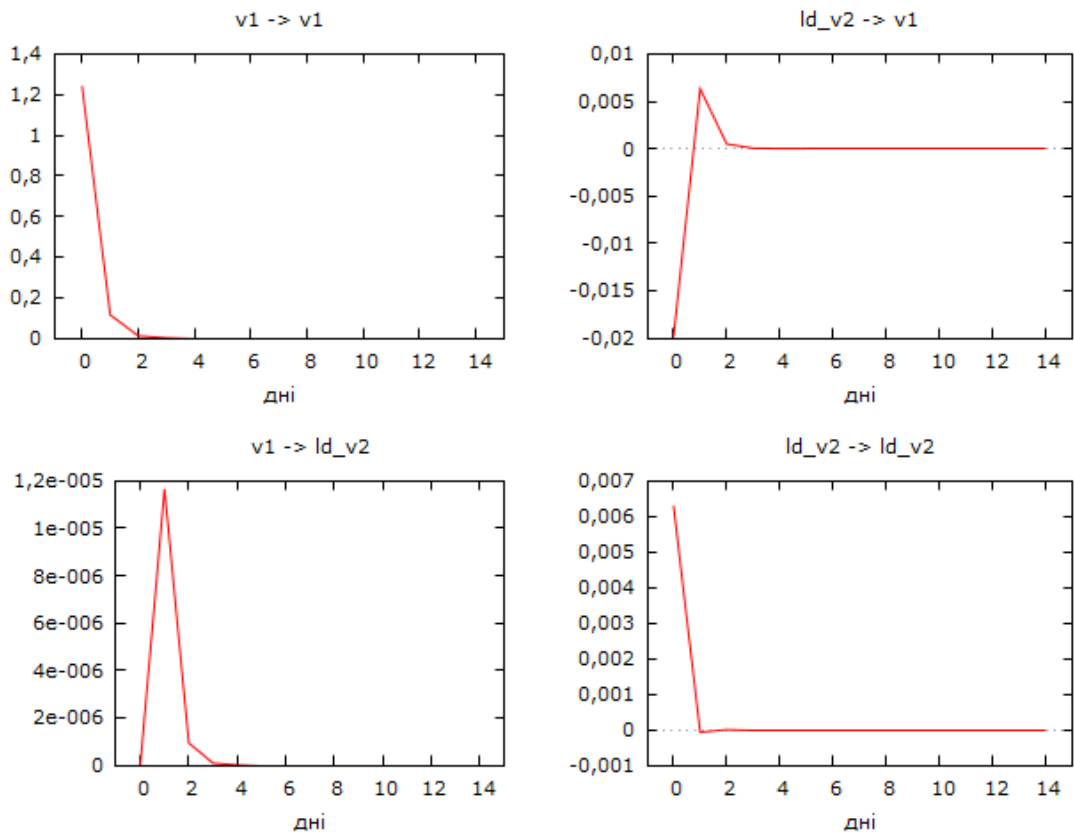


Рис. 3.33 Графіки функцій імпульсних реакцій

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Бачимо на рис. 3.33, вплив збурень розміром в одне стандартне відхилення на $v1$ (дохідність фондового індексу WIG) та ld_v2 (дохідність валютної пари EUR/USD). Отже, імпульсна реакція дохідності валютної пари має позитивний характер і спричиняє зростання довжиною в 1 день, і в середині другого дня, бачимо, що система стабілізується. Сила впливу складає 0,005%.

Щодо реакції дохідності фондового індексу на імпульсні реакції бачимо, що вплив є невеликим, проте відчутним і триває 4 доби, після чого система стабілізується.

За допомогою графіків імпульсних реакцій можна аналізувати поведінку змінних внаслідок шоків реакцій інших змінних. Оскільки наша модель стабільна, то отримані результати імпульсних реакцій будуть валідними, тобто достовірними.

Шок для i -тої змінної не тільки безпосередньо впливає на i -ту змінну, а також передається усім іншим ендогенним змінним через динамічний лаг структури VAR. Функція імпульсної реакції простежує ефект одноразового шоку інновацій на поточних і майбутніх значеннях ендогенних змінних [160].

Висновки про реакцію змінних на шоки здійснюються на основі аналізу імпульсних реакцій «шок» або «інновація» - одномоментна зміна ендогенної (екзогенної) змінної, що дорівнює її одному стандартному відхиленню коливань за весь період спостережень. Функція імпульсної реакції характеризує час повернення змінної до її рівноважної траєкторії при одиничному збуренні [8].

Для VAR-моделі побудуємо інтервальний прогноз для кожної із змінних, де v_1 (дохідність фондового індексу WIG) відображено на рис. 3.34 та v_2 (дохідність валютної пари EUR/USD) – на рис. 3.35.

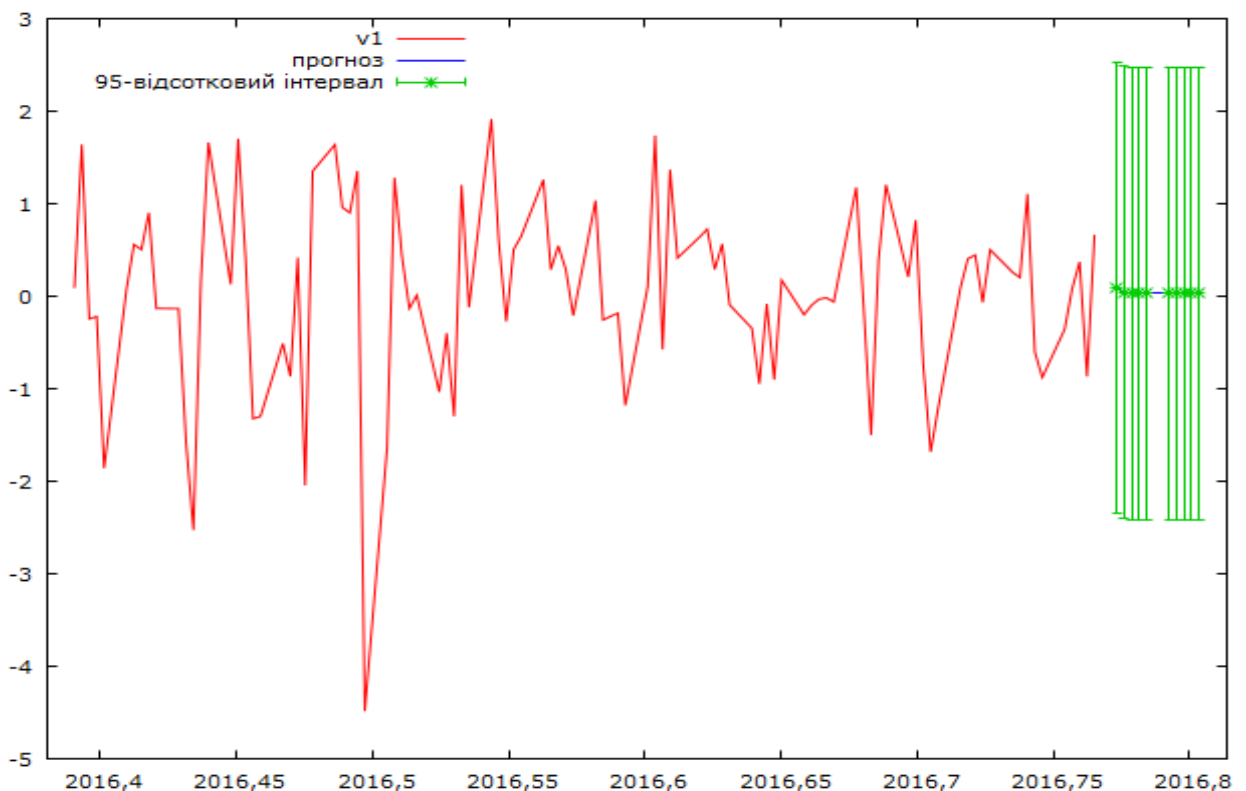


Рис. 3.34 Інтервальний прогноз для дохідності фондового індексу WIG

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

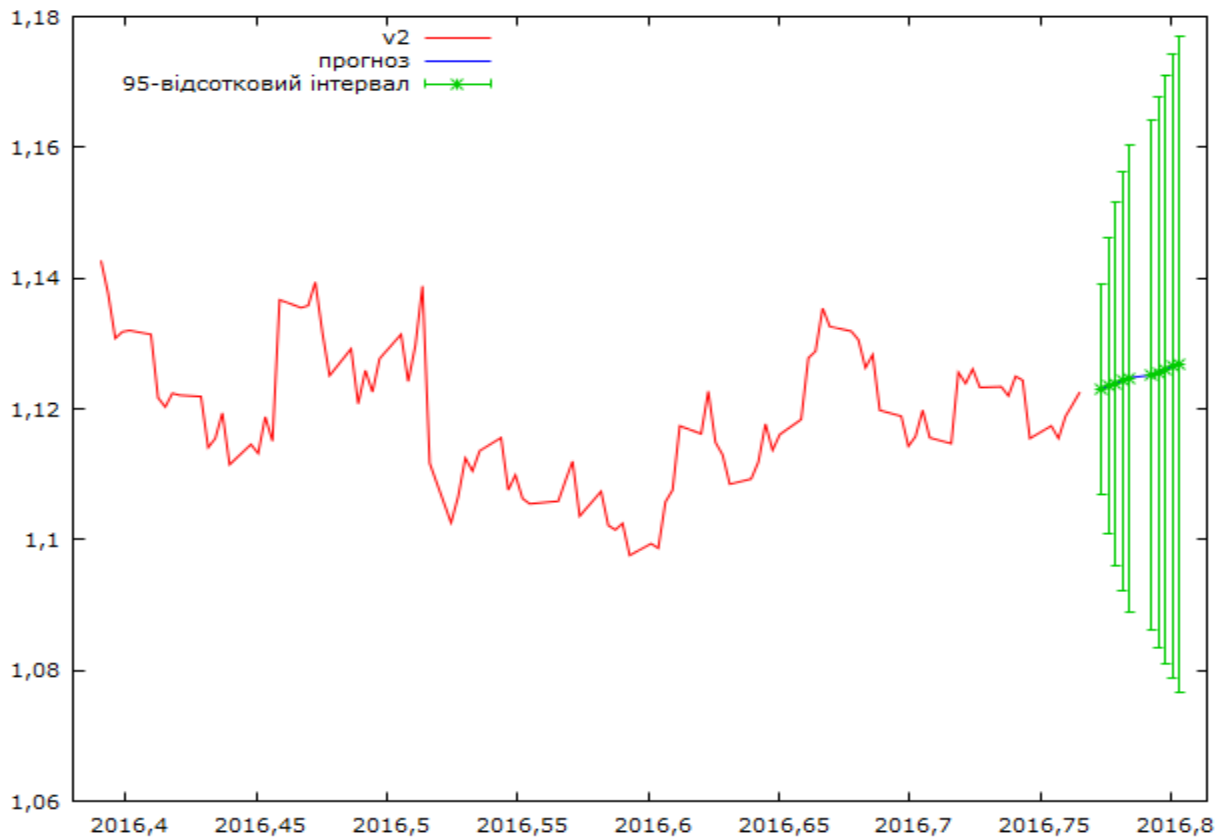


Рис. 3.35 Інтервальний прогноз для валютної пари EUR/USD

Джерело: Побудовано автором на основі даних отриманих з [55]

Отже, можна стверджувати, що зв'язок між двома фінансовими індикаторами існує, що підтверджено та досліджено за допомогою векторної авторегресії. Також виявлено, що збурення на валютному ринку мають більший вплив на динаміку фондового ринку. Щодо інтервального прогнозу, помітно, що дохідність фондового індексу матиме стабільну волатильність протягом 5 днів, а волатильність дохідності валютної пари буде зростати.

Розглянемо рис. 3.36, що відображає динаміку волатильності фондового індексу WIG за період з березня по листопад 2016 року.

Порівнюючи прогнозні значення із реальними, які наведені на рис. 3.36, варто відмітити, що інтервальний прогноз побудований на основі VAR та GARCH моделей справдився. А тому побудовані моделі можна вважати якісними.

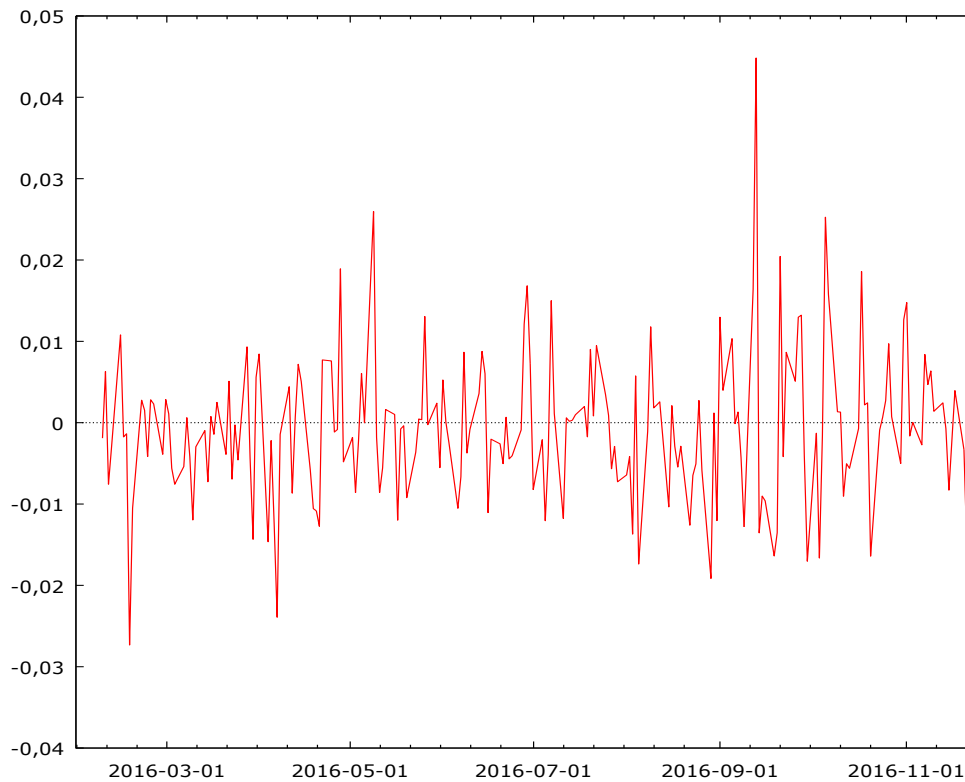


Рис. 3.36 Динаміка волатильності реальних даних фондового індексу WIG

Джерело: побудовано автором на основі [55]

Висновки до розділу 3

Початок XXI століття характеризується наявністю фінансових та економічних криз, кількість яких збільшується, а руйнівний вплив на фінансово-економічну систему посилюється.

Економіка є складною системою, що характеризується динамічністю. Для того, щоб зрозуміти поведінку такої складної системи, необхідно оцінити вплив зовнішніх та внутрішніх факторів. Одним з проявів стану економічної системи в цілому є стан фінансового ринку, який, зокрема, характеризується такими показниками, як курс валют та фондові індекси.

Прогнозування волатильності фінансових індикаторів є актуальним завданням на фінансових ринках. Цей напрям дослідження займає лідируючі позиції по індексу цитування у відомій компанії Thomson Reuters. В сучасних умовах загальної економічної нестабільності особливу актуальність набувають

проблеми прогнозування дохідності та оцінки ризиків, що можуть бути реалізованими за допомогою інструменту волатильності.

Волатильність часового ряду може використовуватись як характеристика прогнозування руху ринку. Крім того, вона відіграє значну роль при побудові моделей для оцінки вартості похідних фінансових інструментів, оптимізації інвестиційних портфелів, управління ризиками.

- 1) Виявлено, що для економетричного моделювання найбільш якісним методом згладжування даних є логарифмування.
- 2) Побудовано множинну регресію, дослідження динаміки валютного курсу гривня/долар та побудовано прогноз із похибкою 8%
- 3) Досліджено вплив макроекономічних факторів на динаміку фінансових індикаторів.
- 4) Побудовано та протестовано асиметричну авторегресійну модель умовної гетероскедастичності, зокрема EGARCH. Спрогнозовано мабутню волатильність часового ряду.
- 5) Схематично відображено залежність курсу валюти від економічних та політичних факторів.
- 6) Побудовано модель векторної авторегресії для фондового індексу WIG та валютної пари євро/долар. Спрогнозовано майбутню динаміку волатильності часових рядів. Досліджено силу та тривалість впливу збурень на фінансові індикатори.

Нагальність потреби у вивченні фондових ринків, полягає у тому, що це дозволяє визначити стан економіки загалом певної країни. На основі отриманих результатів визначається ступінь довіри та привабливості економіки цієї країни для інвесторів.

В процесі глобалізації фінансові кризи одних країн здатні впливати на ситуацію на фінансовому ринку інших. Наприклад, відкриття азійських фондових ринків враховує котирування фондових індексів США та Європи. Як зазначалось вище, в країнах із розвинутою економікою створені спеціальні

механізми, які здатні протидіяти негативним факторам впливу, а країни, в яких економіка в стадії розвитку, зазнають значного негативного впливу.

Україна належить до числа таких країн. Очевидним є те, що процес глобалізації найдинамічніше відбувається у фінансовій сфері, а найбільшу залежність від світової кон'юнктури відчують саме фондові ринки, рівень розвитку яких є одним із ключових чинників ефективного економічного розвитку країн у цілому. Саме тому необхідно приділяти більше уваги дослідженню тенденцій розвитку фондового ринку, розробляти та впроваджувати нові, удосконалені механізми його регулювання. Фондовий ринок є надзвичайно чутливим до зміни економічних трендів, а дані фондових індексів можна використовувати для побудови індикаторів і передвісників можливих кризових явищ [103].

Основні результати розділу опубліковано у працях автора [179, 65, 77, 39, 35, 154]

ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично обґрунтовано та запропоновано новий підхід до вирішення наукового завдання, що полягає у розробці комплексу економіко-математичних моделей динаміки фінансових індикаторів. Проведене дослідження забезпечило можливість отримати висновки теоретичного та науково-практичного характеру, що відображають результати вирішення завдань відповідно до поставленої мети.

1. Досліджено теоретичні аспекти та економічну сутність фінансових індикаторів. Встановлено, що фінансові індикатори – це часові ряди, що не розподілені за нормальним законом, нестационарні, що пов'язані між собою. Описано основні макроекономічні фактори, що здатні впливати на динаміку фінансових індикаторів.

2. Проаналізовано динаміку фінансових ринків та підтверджено їх нелінійний характер, досліджено моно- та мультифрактальні властивості динаміки фондових індексів. Досліджено фрактальну структуру фінансових індикаторів. Встановлено, що фінансові індикатори є мультифракталами та на сучасному етапі розвитку динаміки характеризуються персистентністю (фондовий фінансовий індикатор), та броунівським рухом, тобто є випадковим процесом (валютний фінансовий індикатор).

3. Проведено детальний аналіз та визначено економіко-математичний інструментарій для моделювання динаміки фінансових індикаторів. Визначено, що найбільш ефективним інструментарієм є методи фрактального аналізу та методи економетричного моделювання, що дозволяють адекватно оцінювати поведінку фінансових індикаторів та ситуацію на фондовому ринку загалом та виявляти передкризові та кризові явища.

4. Розроблено комплекс економіко-математичних моделей моніторингу стану фондового ринку за допомогою мультифрактального аналізу та за допомогою економетричного моделювання (прогнозування волатильності фондового індексу), що дозволяє вирішити питання щодо

оцінки та відстеження ситуації на фондовому ринку та моделювання динаміки фінансових індикаторів. Економіко-математичний комплекс дає можливість поєднати економетричні та методи нелінійної динаміки.

5. Побудовано концептуальну схему використання комплексу моделей для аналізу, моделювання та прогнозування динаміки та стану фінансового ринку. Запропонована концептуальна схема являє собою алгоритм використання економіко-математичного комплексу.

6. На основі розроблених моделей досліджено вплив шоків на волатильність фінансових часових рядів. Побудовано статичний та динамічний прогнози для волатильності фондового індексу, що дозволяють виявляти зони підвищеної невизначеності (ризикованості) фінансових індикаторів. Вплив шоків між валютною парою та фондовим індексом досліджується за допомогою VAR моделі у вигляді функцій імпульсних реакцій.

7. Запропонований комплекс економіко-математичних моделей може бути використаний державними органами влади при формуванні економічної політики держави, інвестиційними організаціями та індивідуальними інвесторами при формуванні інвестиційного портфелю. Розроблено рекомендації, що дозволять здійснювати регуляторну політику фінансових ринків державою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авраменко О. О. Грошово-кредитна політика України в системі забезпечення економічної безпеки держави : дис. канд. ек. наук : 21.04.01 / Авраменко Олександр Олександрович – Київ, 2016. – 282 с..
2. Аналіз національної економіки: Навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. — К.: КНЕУ, 2003. — 148 с.
3. Базилевич В.Д. Розвиток фінансового ринку у сучасних умовах. // Фінанси України. – № 12. – 2009. – С. 5-12.
4. Барташевська Ю. М. Фрактальний аналіз ринків: теоретичні та практичні аспекти застосування [Електронний ресурс] / Ю. М. Барташевська, А. О. Яворський // Європейський вектор економічного розвитку. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://duan.edu.ua/uploads/vidavnitstvo14-15/12120.pdf>.
5. Белз О. Г. Усунення нестационарності часових рядів під час ... процесів / О. Г. Белз // Актуальні проблеми економіки. - 2013. - № 11. - С. 163-171.
6. Боринець С. Я. Сучасні тенденції розвитку світового фінансового ринку / С. Я. Боринець, В. А. Делас // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія: Економіка. – 2012. – Вип. 138. – с. 18.
7. Боринець С.Я. Теорія та практика світових фінансів. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2016. – 350 с.
8. Вакуленко Е.С. Анализ многомерных временных рядов. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pokrovka11.files.wordpress.com/2013/12/time-series-analysis-part2.pdf>
9. Васильченко З. М. Вплив макроекономічної ситуації в країні на формування ресурсної бази банків для здійснення валютних операцій/ З. М. Васильченко, В. А. Делас // Вісник Академії праці і соціальних відносин Федерації профспілок України. – 2011. – № 1 (57). – с. 94;
10. Вірченко Цінні папери: підручник / За ред. В.Д. Базилевича. – К.: Знання, 2011. – 1094 с. (у співавторстві)

11. Вітлінський В. В. Актуальні питання розвитку теорії ризику / В. В. Вітлінський // Моделювання та інформаційні системи в економіці. – К. : КНЕУ, 2006. – Вип. 74. – С. 30–38
12. Гіпотеза фрактального ринку [Електронний ресурс] // NAUTICA. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://sites.google.com/site/ne4itkalogika/fraktalni-analiz-finansovih-rinkiv/gipoteza-fraktalnogo-rinku>.
13. Грабовецький Б.Є. Основи економічного прогнозування: навч. посіб. – Вінниця: ВФ ТАНГ, 2000. – 209 с
14. Гражевська Фондовий ринок: підручник: у 2кн.– Кн.1/ за ред. В.Д.Базилевича; Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка Підручник К.: Знання, 2015. – 621 с. (ч.1, 5).
15. Грищенко Т. В. Роль рынка ценных бумаг в аккумуляции и в перераспределении финансовых ресурсов в реальный сектор экономики / Т. В. Грищенко, И. С. Ивахненко // Экономика. Управление. Право. — 2011. — № 1. – С. 15-19
16. Грищенко Т. В., Ивахненко І. С. Сутність та структура фінансового потенціалу ринку цінних паперів / Т.В.Грищенко, І.С.Івахненко // Бізнес Інформ. – №8. – 2014.
17. Грищенко Т., Ивахненко І. Причини та особливості кризових явищ на ринку цінних паперів/ Т.В.Грищенко, І.С.Івахненко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Економіка. – Вип. 112. – 2009.– С.10-12.
18. Грищенко Т.В. Роль рынка ценных бумаг в аккумуляции и перераспределении финансовых ресурсов в реальный сектор экономики / Т. В. Грищенко, И. С. Ивахненко // Экономика. Управление. Право. — № 1. — 2011. – С. 15–19.
19. Грищенко Т.В. Формування системи банківського кредитування експортної діяльності українських підприємств / Т.В.Грищенко, В.В.Курищук // Фінанси України. – № 9. – 2010. – С. 107-114.

20. Грищенко Т.В. Цілі діяльності та особливості взаємодії суб'єктів ринку цінних паперів в умовах конкурентного економічного середовища/ Т.В. Грищенко, І.С. Івахненко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Економіка. – Вип. 127. – 2011.– С. 31–35.
21. Дегтяренко, И. В. Алгоритм поиска интервалов монофрактальности в неоднородных фрактальных процессах [Текст] / И. В. Дегтяренко, А. М. Гарматенко // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2014 – №37. – С.59-67.
22. Демківський Є.О. Інформаційні технології аналізу і прогнозування нестационарних процесів: Автореф. Дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Автоматиз.системи упр. та прогрес.інформ. технології». – К., 2007. – 16 с.
23. Делас В. А. Роль та місце комерційних банків у формування та розвитку валютного ринку України/ В.А. Делас, С.П. Івахненко // Формування ринкових відносин в Україні . – 2011. – № 1 (116). – с. 48.
24. Делас В. А. Співробітництво України зі світовим банком: проблеми та перспективи / В. А. Делас // Світові тенденції та перспективи розвитку фінансової системи України: зб. матер. ІХ Міжнар. наук.-практ. конференції, 25–26 жовтня 2012 р. / Київський національний університет імені Тараса Шевченка. С. 103 -106.
25. Делас В. А. Фінансова система України в контексті євро інтеграційних процесів. / В. А. Делас // Світові тенденції та перспективи розвитку фінансової системи України: зб. матер. Х Міжнар. наук.-практ. конференції, 24–25 жовтня 2013 р. / Київський національний університет імені Тараса Шевченка. С. 172 -176.
26. Делас В.А. Сучасні особливості функціонування світового валютного ринку. / В. А. Делас // Світові тенденції та перспективи розвитку фінансової системи України: зб. матер. Х Міжнар. наук.-практ. конференції, 30-31 жовтня 2014 р. / Київський національний університет імені Тараса Шевченка. С. 89 – 91;
27. Демиденко Л. Фінансова криза ЄС: причини та шляхи подолання//Вісник КНУ імені Тараса Шевченка.-2014.- № 161.

28. Дербенцев В.Д., Сердюк О.А., Соловйов В.М., Шарапов О.Д. Синергетичні та екофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем. Монографія. [Електронний ресурс] // Черкаси: Брама-Україна. – 2010. . – Режим доступу до ресурсу: <http://kafek.at.ua/Monogr.pdf> с. 17-18
29. Дернова І. А. Обмінний курс гривні в системі макроекономічних показників [Електронний ресурс] / І. А. Дернова // Електронне наукове фахове видання \"Ефективна економіка\". – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4895>.
30. Дефоссе Г. Фондовая биржа и биржевые операции: Пер. с фр. — М.: Церих-ПЭП, 1995.
31. Джон Дж. Мерфи. Межрыночный анализ: Принципы взаимодействия финансовых рынков, Москва, 2012.
32. Дмитрусенко К. О. Моделювання впливу світових фондових ринків на фондовий ринок України [Електронний ресурс] / К. О. Дмитрусенко // Бізнес-Інформ. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: http://www.nbuv.gov.ua/old_jrn/Soc_Gum/Bi/2011_7_2/142-146.pdf.
33. Дрозд Н.В. Міжнародні потоки капіталу та підтримка фінансової стабільності після глобальної фінансової кризи / Н.В. Дрозд // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Економіка. – Вип.139. – 2012. – С. 61-64.
34. Дубовиков, М. М. О фрактальном анализе хаотических временных рядов [Текст] / М. М. Дубовиков, Н. А. Старченко // Вестник РУДН, Серия Прикладная и компьютерная математика, Т. 3, № 1, 2004. – С. 30 – 44.
35. Економетричне дослідження взаємозв'язку між курсом долара та макроекономічними факторами на валютному ринку України // Сучасний стан економіки: проблеми та перспективи розвитку. Економічна наукова інтернет конференція – [Електронний ресурс] – URL: <http://www.economy-confer.com.ua/full-article/1883/>

36. Економічна безпека: навчальний посібник / О. Є. Користін, О. І. Барановський, Л. В. Герасименко. – КНУВС, 2008. – 400 с.
37. Загорна Т. О. Дослідження конкурентного процесу в галузі: синтез фрактальних характеристик і процедур [Електронний ресурс] / Т. О. Загорна // Європейський вектор економічного розвитку. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://duan.edu.ua/uploads/vidavnitstvo14-15/10101.pdf>.
38. Застосування математичних методів в економіці / М. Марченко // Молодь і ринок. - 2010. - № 6. - С. 100-104.
39. Застосування методів перетворення нестационарних рядів до стаціонарних на прикладі економічних даних України // Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції "Економіка управління фінанси: теорія і практика" (м. Вінниця 09-10 жовтня 2015 р.) – [Електронний ресурс] – URL: <http://molodyvcheny.in.ua/files/conf/eko/12oct2015/12oct2015.pdf>
40. Зростання державного боргу в післякризовий період та шляхи його стабілізації / Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. – №149. – 2013. – С. 25-29.
41. Ивахненко И.С. Внедрение новых технологий и инструментов на рынке ценных бумаг / И.С. Ивахненко, Р.В. Рак // Экономика. Управление. Право. — 2013. — № 1 (37). – С. 49-53.
42. Исследование случайных флуктуаций геофизических полей [Електронний ресурс] / Институт физики Земли РАН им. О.Ю.Шмидта. – Режим доступу: \www/: URL: http://www.ifz.ru/fileadmin/user_upload/subdivisions/506/Konferencii/2015/Lectures/Lyubushin.pdf – 2015 – Загол. з екрана.
43. Ивахненко І. С. Активізація діяльності ринку цінних паперів як наслідок зростання його інвестиційних можливостей / І.С. Ивахненко // Ринок цінних паперів України. – 2010. – №5-6. – С. 13-19.
44. Ивахненко І. С. Інвестиційна діяльність в Україні: сучасний стан та можливості її активізації / І.С. Ивахненко // Інвестиції: практика та досвід. – 2010. – №2. – С.7-9.

45. Івахненко І. С. Місце та роль ринку цінних паперів у системі ринків фінансових ресурсів / І.С. Івахненко // Економіка. Фінанси. Право. – 2011. – Вип.2.– С. 21-25.
46. Івахненко І. С. Особливості функціонування ринку цінних паперів в Україні та його вплив на інвестиційний процес / І.С. Івахненко // Формування ринкових відносин в Україні. – 2010. -№ 4 (107). – С. 81-85.
47. Івахненко І. С. Проблеми функціонування фінансового ринку в Україні / І.С. Івахненко // Проблеми науки. – 2010. – №8. – С. 17-21.
48. Івахненко І. С. Роль інфраструктури ринку цінних паперів у формуванні його фінансових ресурсів / Т. В. Грищенко,
49. Івахненко І. С. Сутність та структура фінансового потенціалу ринку цінних паперів / Т. В. Грищенко, І. С. Івахненко // Бізнес інформ. — 2014. — № 8. – С. 151-158.
50. Івахненко І. С. Фінансування інвестиційної діяльності на ринку цінних паперів / І.С. Івахненко // Актуальні проблеми економіки. – 2010. – №4 (106). – С.212-218.
51. Івахненко І. С. Цілі діяльності та особливості взаємодії суб'єктів ринку цінних паперів в умовах конкурентного економічного середовища / Т. В. Грищенко, І.С. Івахненко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2011. – № . – С. 31-35.
52. Івахненко І.С., Грищенко Т.В. Податкове стимулювання пропозиції цінних паперів на фондовому ринку / І.С. Івахненко, Т.В. Грищенко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – Економіка. – Вип. 149. – 2013. – С. 32-35.
53. Івахненко І.С.// Економіка та держава. – 2010. – № 7. – С. 17-20.
54. Індикатори національної безпеки: визначення та застосування їх граничних значень: монографія / А. Б. Качинський. – К.: НІСД, 2013. – 104 с.
55. Інформаційний сайт економічних даних Google Finance [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.google.com/finance/historical?q=WSE%3AWIG&ei=VPOtWNitA4qFsAG2tZjQCw>

56. Інформаційний сайт економічних даних Trading Economics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.tradingeconomics.com/>
57. Камінський А.Б. Моделювання фінансових ризиків. Монографія. - К: ВПЦ «Київський університет», 2006. – 304 с.
58. Каноненко В.В., Бех О.В., Мезенцев О.М. Фрактальний аналіз хаотичних часових рядів – [Електронний ресурс] – режим доступу: http://www.rusnauka.com/5_SWMN_2011/Economics/5_79782.doc.htm
59. Кветний Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. [Електронний ресурс] / Кветний Р.Н., Богч І.В., Бойко О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М.// 2010 – Режим доступу до ресурсу: http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/t2/217..htm
60. Кириченко, Л. О. Исследование выборочных характеристик, полученных методом мультифрактального флуктуационного анализа [Текст]: зб. наук. пр. / Л. О. Кириченко // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. — 2011. — № 54. — С. 101–111.
61. Клигене Н., Телькснис Л. Методы обнаружения моментов изменения свойств случайных процессов // Автоматика и телемеханика, 1983, №10, стр.5- 56.
62. Кравець Т. В. Дослідження ефектів синхронізації динаміки європейських фондових індексів методами мультифрактального та когерентного аналізу [Електронний ресурс] / Т. В. Кравець, О. І. Ляшенко // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/emmses_2014_19_16.pdf.
63. Кравець Т. В. Моделювання доходностей фондових індексів методами вейвлет-аналізу [Електронний ресурс] / Т. В. Кравець // Бізнес-Інформ. –

2013. – Режим доступу до ресурсу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/binf_2013_7_20.pdf.
64. Крицун К. І. Мультифрактальний аналіз динаміки фондових індексів Європи: DAX та FTSE [Електронний ресурс] / Катерина Ігорівна Крицун // Інноваційна економіка. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://ie.at.ua/IE_2016/InnEko_5-6-63-2016.pdf.
65. Крицун К.І. Економіко-математичне моделювання впливу макроекономічних факторів на котирування курсу долара США на валютному ринку України [Електронний ресурс] / К. І. Крицун // Економіка та держава. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.economy.in.ua/?op=1&z=3404&i=21>
66. Крицун К.І. Мультифрактальний аналіз динаміки фондових індексів України: ПФТС ТА UX [Електронний ресурс] / К. І. Крицун // Ефективна економіка. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2_2016/38.pdf
67. Крицун К.І. Перспективи застосування фрактального аналізу на валютному ринку України/ К.І. Крицун // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Економіка. № 7, 2014, С. 48-53. Фахове видання – [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/index.php/ru/>
68. Лопатин А. К. Применение R/S анализа для исследования детерминированного хаоса на примере возмущенного осциллятора Ван дер Поля [Електронний ресурс] / А. К. Лопатин, К. С. Евдокимов // «Искусственный интеллект». – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/60059/40-Lopatin.pdf?sequence=1>.
69. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов [Електронний ресурс] / Ю. П. Лукашин // Финансы и

- статистика. – 2003. – Режим доступу до ресурсу:
<http://www.arshinov74.ru/files/files/3.pdf>.
70. Любкіна О. В. Посилення системних ризиків глобальної фінансової системи та трансформація регуляторної моделі у фінансовому секторі// Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Економіка. – 2011. – Випуск 127. – С. 9 – 13
71. Любкіна О. В. Формування сучасної теорії фінансових ринків: основні проблеми та напрями розвитку [Електронний ресурс] / О. В. Любкіна // Вісник Академії праці і соціальних відносин Федерації профспілок України. - 2014. - № 3-4. - С. 70-76. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VAPSV_2014_3-4_13
72. Любушин А. А. Фрактальный анализ временных рядов [Електронний ресурс] / А. А. Любушин – Режим доступу до ресурсу: http://vm-rggru.narod.ru/Teach/AA/Method_Posobiya_PDF_EXE/Fractal_Analysis.pdf
73. Любушин, А. А. Исследование случайных флуктуаций гео- физических полей [Электронный ресурс] / А. А. Любушин. — 2015. — Режим доступа: [\www/:URL:http://www.ifz.ru/fileadmin/user_upload/subdivisions/506/Konferenci/2015/Lectures/Lyubushin.pdf](http://www.ifz.ru/fileadmin/user_upload/subdivisions/506/Konferenci/2015/Lectures/Lyubushin.pdf)
74. Лютий І.О Івахненко І. Вплив ринку цінних паперів на інвестування в реальний сектор економіки // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2015. – № 2 (167) . – С. 60-67
75. Лютий І.О., Дрозд Н.В. Вплив держави на ринок фінансового капіталу України // Фінанси України. – № 8. – 2010. – С. 63-72
76. Ляшенко О. І. Дослідження динаміки фондового індексу ПФТС на фінансовому ринку України на різних часових вікнах з 2001 по 2016 роки / О. І. Ляшенко, К. І. Крицун. // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем: збірник наукових праць: МНІЦ ІТіС. – 2016. – №21. – С. 21–34.
77. Ляшенко О. І. Економетричне дослідження впливу макроекономічних факторів на динаміку котирування курсу долара США на валютному ринку

- України [Електронний ресурс] / О. І. Ляшенко, К. І. Крицун // Бізнес Інформ. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://www.business-inform.net/annotated-catalogue/?year=2015&abstract=2015_10_0&lang=ua&stqa=20
78. Ляшенко О.І. Мультифрактальний аналіз динаміки фондових індексів США [Електронний ресурс] / О.І. Ляшенко, К. І. Крицун // Інвестиції: практика та досвід – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.investplan.com.ua/?op=1&z=4900&i=2>
79. Ляшенко О.І. Мультифрактальний аналіз динаміки фондових індексів Азії: NIKKEI ТА НКSE [Електронний ресурс] / О.І. Ляшенко, К. І. Крицун // Технологический аудит и резервы производства – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/66117>.
80. Ляшенко С. В. Оцінка залежності індексу Першої фондової торговельної системи від індексів Московської міжбанківської валютної біржі та індексу Доу Джонс [Електронний ресурс] / С. В. Ляшенко, В. І. Ляшенко // Прометей. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/12288/49-Lyashenko.pdf?sequence=1>.
81. Максишко Н. К. Аналіз ринку нерухомості України з огляду теорій фінансового ринку [Електронний ресурс] / Н. К. Максишко, В. О. Шаповалова // Проблеми економіки. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: http://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2013-2_0-pages-31_38.pdf.
82. Мандельброт Б., Хадсон Р. (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах. – М.: "Вильямс", 2006. – 400 с.
83. Масловская А. Г. Применение фрактальных методов для анализа динамических систем [Електронний ресурс] / А. Г. Масловская, Т. Р. Осокина, Барабаш Т. К. – Режим доступу до ресурсу: http://www.amursu.ru/attachments/article/9532/N51_3.pdf.

84. Мотренко А. П. Использование теста Гренджера при прогнозировании временных рядов* [Электронный ресурс] / А. П. Мотренко – Режим доступа до ресурсу: <http://jmla.org/papers/doc/2011/no1/Motrenko2011Granger.pdf>.
85. Николаева, Е.В. Города как фрактальные перекрестки мира [Текст] / Е. В. Николаева // Лабиринт. Журнал социально-гуманитарных исследований: Лабиринт. – 2012. – №3. – С.92-106.
86. Основи економічного прогнозування Грабовецкий Б.С., Навчальний посібник. - Вінниця: ВФ ТАНГ, 2000. – [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://buklib.net/books/32849/>
87. Офіційний сайт Державного комітету статистики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
88. Офіційний сайт Національного банку України – [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.bank.gov.ua/control/uk/curmetal/detail/currency?period=daily>
89. Офіційний сайт Української біржі. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ux.ua/ru/graph/dynamics/>
90. Павліха Н. В. Коливання курсів цінних паперів на фондових біржах: змістовна характеристика та фактори впливу (на прикладі США) [Електронний ресурс] / Н. В. Павліха, О. В. Амброзяк // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/natural/nvnu/misnarod_vidnos/2008_6/R2/6.pdf.
91. Перспективи застосування фрактального аналізу на валютному ринку України Матеріали II Міжнародної конференції "Глобальні виклики для навколишнього середовища і ресурсної економіки в країнах Центральної та Східної Європи: безпека та сталий розвиток (GCERECEEC'2014) 2014. [114215] <http://gcereceec.org.ua/data/uploads/docs/programme.pdf>
92. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. — М.: Мир, 2000.

93. Петерс, Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике [Текст] / Э. Петерс. – М.: Интернет-трейдинг, 2004. – 304 с.
94. Портфельне інвестування [Електронний ресурс] / А. А.Пересада, О. Г. Шевченко, Ю. М. Коваленко, С. В. Урванцева – Режим доступу до ресурсу: <http://library.if.ua/book/75/5413.html>
95. Прогнозирование условной волатильности фондовых индексов с помощью нейронных сетей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://engjournal.ru/articles/1158/1158.pdf>
96. Рак Р.В. Проблеми забезпечення та перспективи покращення фінансової безпеки фондового ринку / І.С. Івахненко, Р.В. Рак, К.К. Курищук / Фінансова безпека України: проблеми та пріоритети забезпечення: зб. наук. праць за матер. наук.-практ. конф. – Івано-Франківськ, 2013. – С. 132-138.
97. Рак Р.В. Світовий досвід функціонування ринку державних цінних паперів/ Р.В. Рак / Науковий вісник Національного університету державної податкової служби України (економіка, право) – 2010. – №1(48). – С. 116 – 122.
98. Рудик Н. Основи розробки системи макрофінансових індикаторів [Електронний ресурс] / Н. Рудик, В. Хлівний // Журнал "\"Ринок цінних паперів України\"". – 2013. – Режим доступу до ресурсу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/rcpu_2013_7-8_5.pdf.
99. Селигмен Б. Основные течения современной экономической мысли: Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1968. — С.270.
100. Сірош А.В., Семьонов Д. Є.. Мультифрактальний аналіз фондового ринку. – [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://modise.meximas.com/gallery/12-4611.pdf>

101. Скрипниченко В.М., Мальцев Д.М., Голубев А.А. Фондовые рынки и операции: учебное пособие. — СПб.: СПб НИУ ИТМО, 2014. — 130 с.
102. Соловйов В. М. Моделювання складних економічних систем [Електронний ресурс] / В. М. Соловйов, В. В. Соловйова, Н. А. Хараджян. — 2010. — Режим доступу до ресурсу: <http://kafek.at.ua/SageMethodichka.pdf>.
103. Соловйова В. В. Дослідження тенденцій розвитку фондового ринку [Електронний ресурс] / В. В. Соловйова — Режим доступу до ресурсу: <http://fp.cibs.ubs.edu.ua/files/1403/14svvdtr.pdf>.
104. Сорнетте Дидье. Как предсказывать крахи финансовых рынков // Интернет-трейдинг, Москва, 2003.
105. Ставицький А. В. Прогнозування в умовах світової фінансово-економічної кризи [Електронний ресурс] / А. В. Ставицький // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Прогнозування соціально-економічних процесів" (ПСЕП-2009). — 2013. — Режим доступу до ресурсу: http://www.andriystav.cc.ua/Downloads/Thesis/T_020.pdf.
106. Сугоянко А. Нацбанк підтвердив, що утримання курсу гривні було штучним і тимчасовим заходом [Електронний ресурс] / А. Сугоянко // Персональний сайт Сугоянко Олександра. — 2012. — Режим доступу до ресурсу: <http://sugonyako.info/actual/197-sugonyako-nacbank-pdtverdiv-scho-utrimannya-kursu-grivn-bulo-shtuchnim-timchasovim-zahodom.html>.
107. Суторміна В. М. Фінанси зарубіжних корпорацій [Електронний ресурс] / В. М. Суторміна // К.: КНЕУ. — 2004. — Режим доступу до ресурсу: <http://buklib.net/books/29202/>.
108. Твид Л. Психология финансов: Пер. с англ. — М.: ИК «Аналитика», 2002. — С. 5.
109. Теории биржевых крахов [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://www.denga.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=14
110. Терещенко Г.М. Проблеми становлення та напрями удосконалення функціонування ринку цінних паперів в Україні // Фінанси України. — 2007. — № 6. — С. 97-104.

111. Топсахалова Ф. М.-Г. Рынок ценных бумаг и биржевое дело: монография / Ф. М.-Г. Топсахалова. – М.: Академия Естествознания, 2011. – 651 с.
112. Тулякова А. Ш. Методи дослідження фрактальності цінової динаміки на фондових ринках / А. Ш. Тулякова. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – №5. – С. 123–130.
113. Тур Г. І. Застосування методу мультифрактального аналізу для визначення трендових характеристик числових рядів [Електронний ресурс] / Г. І. Тур, Трунова О.В. // Науковий часопис «Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка». – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://visnyk.chnpu.edu.ua/?wpfb_dl=1944.
114. У НБУ натякають, що гривня дешевшатиме Детальніше читайте на УНІАН: <https://www.unian.ua/society/715026-u-nbu-natyakayut-scho-grivnya-deshevshatime.html> [Електронний ресурс] // УНІАН. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.unian.ua/society/715026-u-nbu-natyakayut-scho-grivnya-deshevshatime.html>.
115. Український фондовий ринок: впевненість, стійкість та зростання [Електронний ресурс] / Звіт НКЦПФР // № 468 від 03 квітня 2012 р. – Режим доступу: [\www/: URL: http://www.nssmc.gov.ua/user_files/content/58/1340015412.pdf](http://www/nssmc.gov.ua/user_files/content/58/1340015412.pdf)
116. Урядовий портал. Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку анулювала ліцензію фондової біржі ПФТС. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=248536249&cat_id=244277212
117. Финансовые индикаторы в исследовании макроэкономических процессов Аналитический центр «Экономика и финансы» [114389] http://www.moscowcef.ru/files/Archive/Moscow_february_2014_part_2.pdf
118. Фондовый рынок: підручник : у 2 кн. — Кн. 1 / В.Д.□Базилевич, В.М. Шелудько, В.В. Вірченко та ін. ; за ред. В.Д.□Базилевича; Київ. нац. ун-т

- ім. Т. Шевченка. — К. : Знання, 2015. — 621 с. — (Серія “Класичний університетський підручник”.
119. Фундаментальний аналіз [Електронний ресурс] // Real Trade. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://realtrader.org/ua/page/?id=31>.
120. Цветков И. В. Фрактальный анализ и его применение к исследованию временных рядов [Электронный ресурс] / И. В. Цветков. – Режим доступа: <http://russeca.kent.edu/SeminarTsvetkovRus.pdf>
121. Циклічність розвитку світового фондового ринку [Текст] / Шкодiна I.В. // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ" : Технічний прогрес та ефективність виробництва №64 - Вестник НТУ "ХПИ", 2010.
122. Цінні папери : підручник / В.Д. Базилевич, В.М. Шелудько, Н.В. Ковтун та ін. ; за ред. В.Д. Базилевича. — К.: Знання, 2011. – 1094 с.
123. Черкашина К.Ф. Економетричне моделювання залежності індексу ПФТС від рядів економічних показників / К.Ф. Черкашина // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. – 2013. – №12(153). – С. 111-114.
124. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости – Москва: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2012. – 680 с. – (2 доп.).
125. Что такое гипотеза эффективного рынка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.allfi.biz/glossary/eng/E/emh.php>.
126. Шелудько В.М. Оцінка практики застосування інструментів фінансової та грошової політик в Україні / В.М. Шелудько, В.В. Вірченко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка, 2009. – С. 114 – 118.
127. Шелудько В.М., Вірченко В.В. Сучасні тенденції розвитку світового ринку деривативів / В.М. Шелудько, В.В. Вірченко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. – 2014. – 10(163). – С. 81 – 87.

128. Э. Петерс. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: [книга] /Пер. С англ. – М.: Мир. 2000. – 333 с.
129. Якимкин В. Н. Финансовый дилинг. — Кн. 1. — М.: ИКФ Омега-Л, 2001.
130. A forecast comparison of volatility models: does anything beat a GARCH(1,1)? [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jae.800/epdf>.
131. Analysis of factors affecting fluctuations in the exchange of polish zloty against euro. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.toknowpress.net/ISBN/978-961-6914-09-3/papers/ML14-652.pdf>.
132. Andersen T.G., Bollerslev T., Diebold F.X., Labys P., The distribution of realized exchange rate volatility // J. Amer. Statist. Assoc., forthcoming.
133. Anderson N. The Fractal Market Hypothesis and its implications for the stability of financial markets [Электронный ресурс] / N. Anderson, J. Noss // VoxEU.org. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <http://voxeu.org/article/fractal-market-hypothesis-implications-financial-market-stability>.
134. Assidenou K. E. Cointegration of Major Stock Market Indices during the 2008 Global Financial Distress [Электронный ресурс] / Komlavi Elubueni Assidenou // International Journal of Economics and Finance. – 2011. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/ijef/article/viewFile/7451/7338>.
135. Ausloos, M. Statistical physics in foreign exchange currency and stock markets [Text] / M. Ausloos // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. — 2000. — № 285. — P. 48–65. doi:10.1016/s0378-4371(00)00271-5
136. Bachelier L. Theory of Speculation // P. H. Cootner, Random Character of Stock Market Prices, The MIT Press, Cambridge, 1964.
137. Bak P, Norrelykke S.R. and Shubik M. Dynamics of money // Phys. Rev E60. 1999, pp. 2528-2532/

138. Baley, P. Regional Competition / P. Baley, P. Friedrich // Springer-Verlag. – Berlin, 2010. – P. 184 [Electronic resource]. – Mode of access : https://books.google.com.ua/books?id=OSAPCQAAQBAJ&pg=PA183&lpg=PA183&dq=MAPE+20%25&source=bl&ots=053SpFI2vj&sig=VdrNSnN1h9EzniH6e1G5V8KQj2M&hl=uk&sa=X&ved=0CE8Q6AEwBmoVChMlrNCRw_uwyAIVQaZyCh3PaAto#v=onepage&q=MAPE%2020%25&f=false
139. Benjamin F. King Market and Industry Factors in Stock Price Behavior // Journal of Business, 1966, № 39 (1).
140. Blackledge J. M. Financial Modelling using the Fractal Market Hypothesis [Електронний ресурс] / Blackledge // Warsaw university of technology. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://konwersatorium.pw.edu.pl/wyklady/2010_VLZ7_01_wyklad.pdf.
141. Borovikova M. Financial market of Ukraine and the role of foreign direct investment / Ekonomika (Lithuania). – Vol. 92(1). – Vilnius, 2013. – С. 64-78 (н.-м. база EBSCO) (coauthored by Igor Lyutiy)
142. Borovikova M. Impact of foreign capital on the financial market of Ukraine/ Practice and Research in Private and Public Sector – 2013: Proceedings of International Scientific Conference (Lithuania). – Vilnius, 2013. – P.194-203.
143. Borovikova M. Problems and prospects of the development of Ukraine stock market in the context of financial liberalization and integration process / Whither Our Economies: Proceedings of International Scientific Conference (Lithuania). – Vilnius, 2012. – P.111-118. (н.-м. база EBSCO) (coauthored by Olena Liubkina)
144. Brodin D. The Exchange Rate Exposure Puzzle [Електронний ресурс] / Danielle Brodin // Aarhus School of Business. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: http://pure.au.dk/portal-asb-student/files/2541/Master_Thesis_Final.pdf.
145. C. Chen, J.S. Deponte, M.D. Fox, Fractal feature analysis in medical imaging // IEEE Trans. Med. Imaging, 1989, № 8, pp. 133-142

146. Caraiani, P. Evidence of Multifractality from Emerging European Stock Markets [Electronic resource] / P. Caraiani // PLoS ONE. — Vol. 7, № 7. — P. e40693. — Available at: \www/: URL: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0040693>
147. Cootner P. H. Random Character of Stock Market Prices // The MIT Press, Cambridge, 1964.
148. Costa M. Golderberger A.L. Peng C.K. Multiscale Entropy Analysis of Complex Physiologic Time Series // Phys. Rev. Lett., 2002, V.89, №6.
149. Diebold, Francis X. (2001). Elements of Forecasting (2nd ed.). Cincinnati: South Western. p. 254. ISBN 0-324-02393-6.
150. Dubovikov M. M., Starchenko N. V., Econophysics and the fractal analysis of financial time series, UFN, 2011, Volume 181, Number 7, 779–786
151. Dubovikov M.M., Starchenko N.S., Variation index and its applications to analysis of fractal structures // Sci. Almanac Gordon, 2003, № 1, pp. 1-30.
152. Duca G. The Relationship between the stock market and the economy: experience from international financial markets [Электронный ресурс] / Gevit Duca // Bank of Valletta Review, No. 36, Autumn 2007. – 2007. – Режим доступа до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/265237325_The_Relationship_between_the_stock_market_and_the_economy_experience_from_international_financial_markets.
153. E.E.Peters. Chaos and Order in the Capital Markets: a New View of Cycles, Prices, and Market Volatility. New York: John Wiley, 1991.
154. Effect of Macroeconomic and Monetary Factors on Dynamics of Euro in the Financial Market of Ukraine Oeconomica Publishing house University of Economics Prague [114390] http://convention.vse.cz/media/Collection_2014.pdf
155. Efficient Market Hypothesis – EMH [Электронный ресурс] // Investopedia. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.investopedia.com/terms/e/efficientmarkethypothesis.asp>

156. Engsted T. Cointegration and the US term structure [Электронный ресурс] / Т. Engsted, С. Tanggaard // Elsevier. Journal of Banking & Finance. – 1994. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378426694000840>.
157. European Central Bank. Banknotes and coins circulation. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ecb.europa.eu/stats/money/euro/circulation/html/index.en.html>
158. Factors affecting Currency Exchange Rate, Economical Formulas and Prediction Models [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.ijaiem.org/volume3issue3/IJAIEM-2014-03-05-013.pdf>.
159. Feder J., Fractals / Jens Feder – Springer US, 2013. – p.283.
160. Financial Econometrics (Clamfin) Econometrics (Quantitative Finance). Модели векторной авторегрессии или VAR-модели. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.bsu.by/Cache/pdf/513313.pdf>
161. Financial indicator [Электронный ресурс] // Cambridge dictionary. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/financial-indicator>.
162. Financial indicators [Электронный ресурс] // Eagle Traders. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: http://www.eagletraders.com/advice/securities/financial_indicators.php
163. Francq C. Zakoian J. GARCH Models. Wiley – 2010
164. Furstenberg G. International Stock Price Movements: Links and Messages [Электронный ресурс] / G. Furstenberg, J. Bang // Brookings Papers on Economic Activity. – 1989. – Режим доступа до ресурсу: https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/1989/01/1989a_bpea_von_furstenberg_jeon_mankiw_shiller.pdf.
165. Generalized ARCH models [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://lipas.uwasa.fi/~bepa/GARCH.pdf>.

166. Granger, C. W. J. (1969). "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods". *Econometrica*. 37 (3): 424–438. doi:10.2307/1912791. JSTOR 1912791
167. Grishenko T.V., Ivakhnenko I.S. Problems of increasing of the ukrainian economy competitiveness / T.V.Grishenko, I.S. Ivakhnenko // *Nauka i Studia*. – № 4 (49). – 2012. – С. 57-64.
168. H.E.Stanley, L.A.N.Amaral, D.Caning et al. Econophysics: Can Physicists Contridute to the Science of Economics? *Physica A*, 1999, vol.269, p.156-169.
169. Hurst H.E. Long Term Storage Capacity of Reservoirs / H.E. Hurst // *Transactions of the American Society of Civil of engineers*. №116. 1951. – pp. 770-799
170. Indicator [Електронний ресурс] // Investopedia. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.investopedia.com/terms/i/indicator.asp>
171. Indicator [Електронний ресурс] // World Bank. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://data.worldbank.org/indicator>
172. Indicators [Електронний ресурс] //The Economist. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.economist.com/indicators>
173. Influence of Macroeconomic Variables on Exchange Rates [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.joebm.com/papers/194-W10044.pdf>.
174. Ivakhnenko I. S. Problems of increasing of the Ukrainian economy competitiveness / I. S. Ivakhnenko, T.V. Grishenko // *Nauka i studia*, 2012. – Vol 4 (49). – P. 57-65.
175. J.Y. Lequarre. Foreign Currency Dealing. In: *Time Series prediction: Forecasting the Future and Understanding the Past*, Eds. A.S.Weigend and N.A. Gershenfeld, Reading: Addison-Wesley, 1993, p.131-138.
176. Jizba, P. Methods and Techniques for Multifractal Spectrum Estimation in Financial Time Series [Electronic resource] / P. Jizba, J. Korbe. — Czech Technical University in Prague, 30.05.2013. — Available at: \www/URL:

- http://www.lorentzcenter.nl/lc/web/2013/566/presentations/Contributed%20talk_Korbel.pdf
177. Jung C. Forecasting UK stock prices [Электронный ресурс] / C. Jung, R. Boyd // Applied Financial Economics. – 1996. – Режим доступа до ресурсу: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.40.6454&rep=rep1&type=pdf>.
178. K.Ivanova. Toward a phase diagram for stocks. Physica A, 1999, vol.270, p.567-577.
179. Krytsun K.I. Effect of Macroeconomic and Monetary Factors on Dynamics of Euro in the Financial Market of Ukraine / Krytsun K.I. // Oeconomica Publishing House, Prague, 6th June, 2014. p. 13.
180. Krytsun K.I. The modigliani-Ando-Brumberg life-cycle model: applying to Ukraine's economy/ Krytsun K.I. // Ekonomika. Lithuania – 2013, p. 73-81
181. Lagger Y. Gain/loss Asymmetry and the Leverage Effect [Электронный ресурс] / LAGGER – Режим доступа до ресурсу: https://www1.ethz.ch/er/publications/MAS_Thesis_LaggerYannick_CORR_Jan_12.pdf. [84] <http://quantile.ru/08/08-ER.pdf>
182. Maria C. Stock Market and Economic Growth: Evidence from Three CEECs [Электронный ресурс] / C. Maria, N. Spagnolo // Economics and Finance Working Paper Series. Department of Economics and Finance. – 2011. – Режим доступа до ресурсу: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.426.4016&rep=rep1&type=pdf>.
183. Market Indicators [Электронный ресурс] // <http://www.investopedia.com/>. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: http://www.investopedia.com/terms/m/market_indicators.asp.
184. O. Zmeskal et al. / HarFA – Harmonic and Fractal Image Analysis (2001), pp. 3 – [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci/download_ejournal/01_O.Zmeskal.pdf.

185. Peters E., Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics / Edgar E., Peters – John Wiley & Sons, 1994. – p.315.
186. R. Kozhan. Financial econometrics with Eviews. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.zums.ac.ir/files/research/site/ebooks/finance/financial-econometrics-eviews.pdf>
187. Romanov, V. Multifractal Analysis And Multiagent Simulation For Market Crash Prediction [Electronic resource] / V. Romanov, V. Slepov, M. Badrina A. Federyakov. — 2008. — Vol. 41. — 10 p. — Available at: \www/:URL: <http://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-information-and-communicationtechnologies/41/18898>
188. S.V.Buldyrev, N.V.Dokholyan, A.L.Golberger et al. Analysis of DNA Sequences Using Methods of Statistical Physics. Physica A, 1998, vol.249, p. 430 – 438.
189. Su J. Value-at-risk estimates of the stock indices in developed and emerging markets including the spillover effects of currency market [Электронный ресурс] / Jung-Bin Su // Elsevier.Economic Modelling. – 2015. – Режим доступа до ресурсу: <http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/45553.pdf>.
190. The synchronization effects of stock indices dynamics in the multifractal analysis using the wavelet technology [Электронный ресурс] / Taras Shevchenko National University of Kyiv. – 2014. Режим доступа: \www/URL: <http://economice.ulbsibiu.ro/revista.economica/archive/66205kravets&liashenko.pdf> – 2004 p. – Загол. з екрана.

ДОДАТКИ

Додаток А

8 Feb 2007 00:00 UTC - 4 Feb 2017 08:36 UTC **USD/EUR** close:**0.92709** low:**0.62597** high:**0.96231**



Рис. А.1. Динаміка котирування валютної пари євро/долар з 2007 по 2017 роки.

Додаток Б

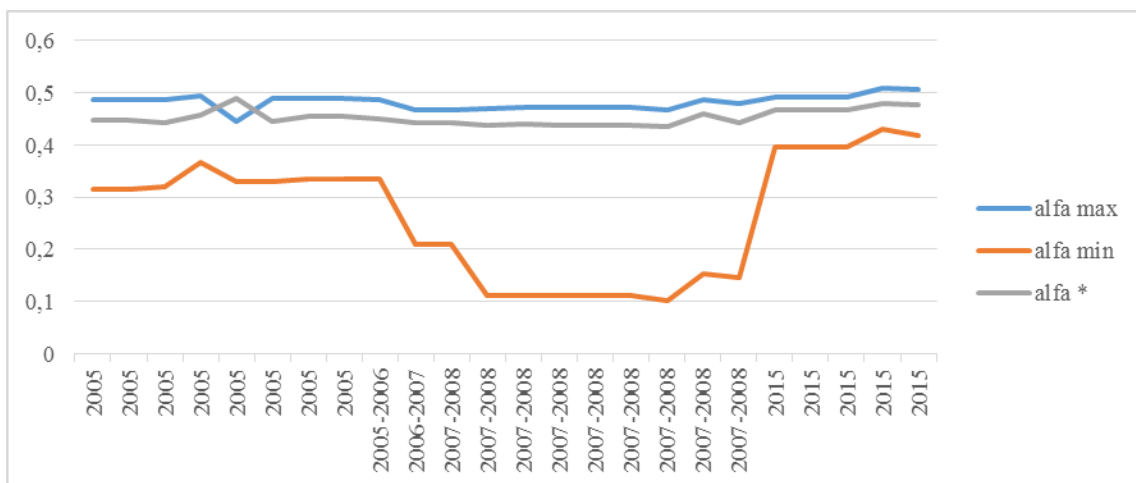


Рис. Б.1. Динаміка α^* , α_{min} , α_{max} котирування курсу долара США по відношенню до гривні на різних часових проміжках

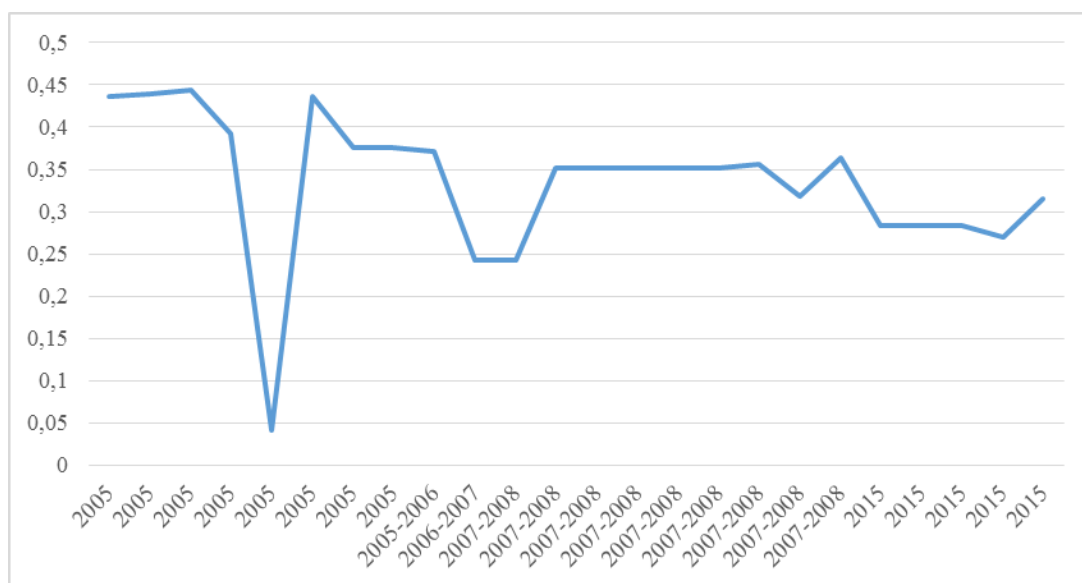


Рис. Б.2. Динаміка $F(\alpha^*)$ котирування курсу долара США по відношенню до гривні на різних часових проміжках

Додаток В

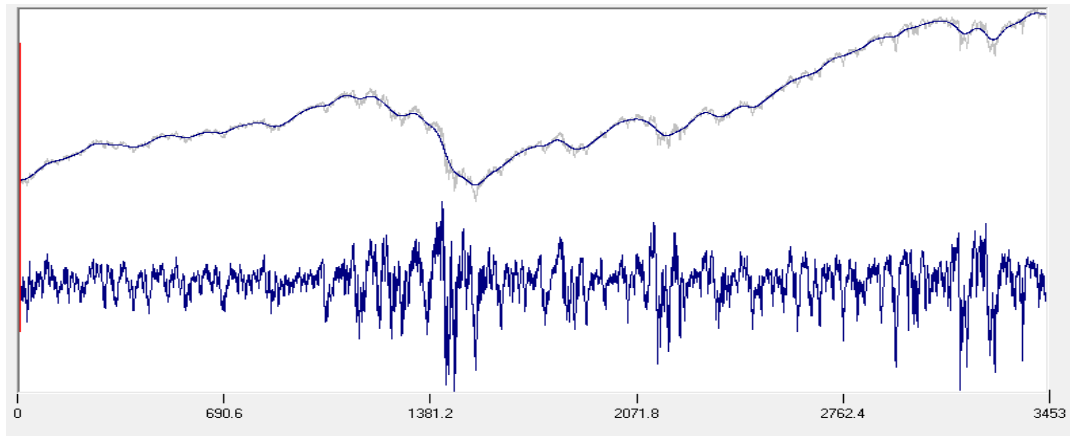


Рис. В.1. Динаміка котирування фондового індексу SP500

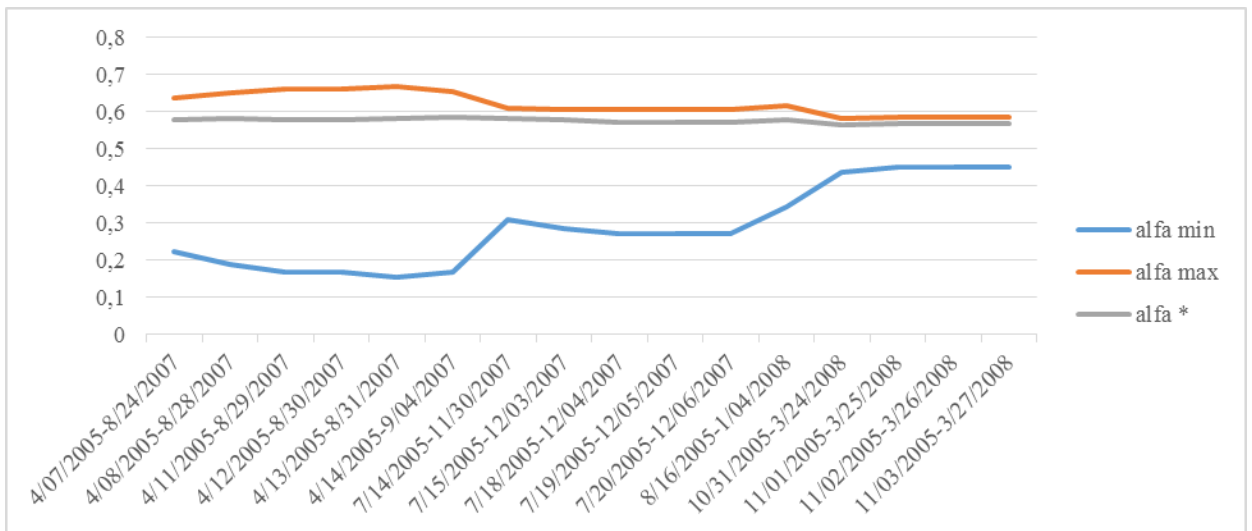
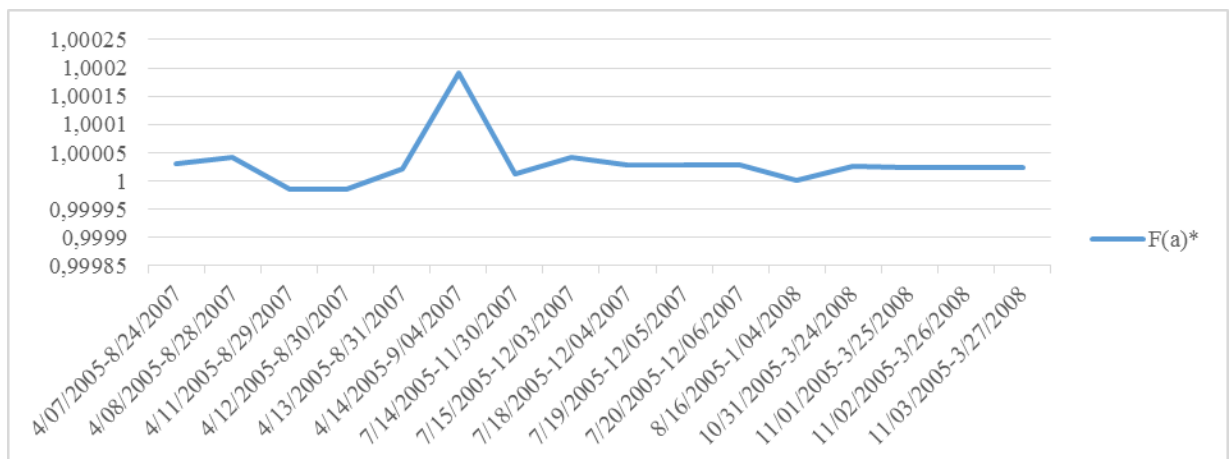
Рис. В.2. Динаміка α^* , α_{min} , α_{max} фондового індексу SP500

Рис. В.3. Динаміка $F(\alpha^*)$ фондового індексу SP500