

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-25-50>

УДК 330.46

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЧАСОВИХ РЯДІВ ФІНАНСОВИХ ПОКАЗНИКІВ МЕТОДОМ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ

RESEARCH AND ANALYSIS OF TIME SERIES OF FINANCIAL INDICATORS BY WAVELET ANALYSIS

Братушка Сергій Миколайовичкандидат фізико-математичних наук, доцент,
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3470-2265>**Рожкова Марина Сергіївна**студентка,
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5444-9095>**Bratushka Sergii, Rozhkova Maryna**
Sumy State University

Стаття присвячена актуальним питанням визначення закономірностей розвитку вітчизняного фондового ринку. В складних умовах становлення український фондовий ринок не встиг стати ефективним механізмом для здійснення обігу фінансових активів. Це значно гальмує розвиток економіки в цілому, а також підриває довіру міжнародного суспільства до положення держави в світі, оскільки чесна торгівля на біржі є показником всебічного рівня розвитку держави. Через відсутність дієвого шляху для розподілу ресурсів відбувається їх нераціональне накопичення, зростає тіньовий сектор, відбувається зниження рівня розвитку усіх сфер діяльності людини. У статті проаналізовано тенденції розвитку ринку методами вейвлет-перетворень, визначено закономірності, що є основними в його функціонуванні. В подальших дослідженнях і при врахуванні більшої кількості можливих чинників, що можуть вплинути на зміну торгівлі, та аналізу процесів, що відбуваються на фондовому ринку, можна розробити більш якісну оцінку українського фондового ринку та залучити усі можливості для його стабільної діяльності і розвитку.

Ключові слова: фондовий ринок, інвестиції, вейвлет-аналіз, вейвлет Добеші, фондові індекси, прогнозування фондових показників.

Статья посвящена актуальным вопросам определения закономерностей развития отечественного фондового рынка. В сложных условиях становления украинский фондовый рынок не успел стать эффективным механизмом для осуществления оборота финансовых активов. Это значительно тормозит развитие экономики, а также подрывает доверие международного общества к положению государства в мире, поскольку честная торговля на бирже является показателем всестороннего развития государства. Из-за отсутствия действенного пути для распределения ресурсов происходит их нерациональное накопление, растет теневой сектор. В статье проанализированы тенденции развития рынка методами вейвлет-преобразований, определены закономерности, которые являются основными в его функционировании. В дальнейшем исследовании при учете большинства факторов, которые могут повлиять на изменение торговли, и анализа процессов, что происходят на рынке, можно разработать качественную оценку украинского фондового рынка и привлечь все возможности для его стабильной деятельности и развития.

Ключевые слова: фондовый рынок, инвестиции, вейвлет-анализ, вейвлет Добеша, фондовые индексы, прогнозирование фондовых показателей.

The article is devoted to topical issues of determining the development patterns of the domestic stock market. The stock market is one of the main indicators of economic development. It creates an efficient investment system in which resources are allocated according to the needs of households and enterprises. Market research helps to identify those periods that are most relevant to a State's financial system. In the difficult conditions of the development of the Ukrainian market, it has not been able to become an effective mechanism for carrying out the turnover

of financial assets. Investor confidence in the market is very low, as the risk of capital loss in non-transparent trade is very high. This significantly hampers the development of the economy and also undermines the confidence of international society, as exchange trading is an indicator of the full development of the State. As a result of the lack of an efficient way of allocating resources, there is an irrational accumulation of resources, an increase in the shadow sector and an outflow of capital abroad, which leads to the impoverishment of the population. This, in turn, affects trade, as the quantity of resources decreases and the market is shaken. The article analyses trends in the development of the market on the basis of wavelet transformations, and identifies the regularities that are central to its functioning. Wavelet – Analysis allows to follow the development of the market, to tie it to historical or economic events, thus there is a possibility of preventing critical situations in the market and in the economy as a whole. In further research, taking into account all possible factors that may influence the change of trade, and analysis of market trends, it is possible to develop a qualitative assessment of the Ukrainian stock market and attract all possibilities for its stable activity and development. The forecast provided not only an indication of when trade peaked, but also of how those peaks were reflected in the social situation of the population, which reduced the level of contributions and which situations were favourable. This will help to develop intervention strategies that can improve the well-being of the population and contribute to the development of the entire country.

Keywords: stock market, investments, wavelet analysis, Daubechies wavelet, stock indices, forecasting stock indicators.

Постановка проблеми. Розвиток українського фондового ринку є нестійким, оскільки економіка України в цілому не стабільна і є досить чутливою до змін, що відбуваються в світі. Саме тому прогнозування його функціонування є складним завданням, для якого традиційні методи дослідження не є дієвими. Складність полягає у великій «зашумленості» значень показників часових рядів, оскільки при їх формуванні можлива значна кількість помилок. Тому усі економічні дані перед аналізом потребують усунення шумів, адже на основі необроблених та некоректних початкових даних будуть отримані неточні результати.

Фондові індекси – це показники, що відображають хід торгівлі на біржі. Більшість індексів – це значення, що публікуються кожні кілька секунд чи хвилин, залежно від масштабу ринку. Тому такі дані потребують попередньої обробки, яка дозволить усунути ті значення, що виникли випадково, внаслідок помилок будь-якої природи, або не мають впливу на усереднений результат.

Постійна динаміка та вплив великої кількості факторів на розвиток ринку зумовлюють необхідність використання методів, що дозволять будувати моделі, здатні адекватно описати поведінку ринку, виявити закономірності його діяльності при значних коливаннях показників торгівлі з урахуванням великої кількості можливих чинників впливу. В таких випадках вчені розглядають подібні часові ряди як компоненти нелінійної динаміки, що дозволяє виявити реальні причини поведінки учасників ринку та його загалом. Одним із таких методів є вейвлет-аналіз, який за допомогою перетворень часових рядів забезпечує усунення шумів різного типу та виявляє основні тенденції поведінки ринку, дозволяючи спрогнозувати його подальшу діяльність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання методів вейвлет-перетворень для дослідження фондових ринків не є новим для світової практики, оскільки їх застосування дозволяє спрогнозувати розвиток фондового ринку, продемонструвавши його можливі спади та піки, що, в свою чергу, може привабити інвесторів і виконати основне призначення ринку – забезпечення безперервного притоку інвестицій в країну та обіг грошових коштів.

Аналізом фондового ринку займалися такі вчені, як Г. Марковіц, В. Шарп, які були основоположниками теорії цінних паперів та вивели базові принципи діяльності фондових ринків [1; 2].

Детальним дослідженням ринку займався Стюарт Майєрс, який вивчав інновації щодо бюджетування та оцінки капіталу [3]. У своїх працях висвітлював основні принципи функціонування інвестиційних ринків, а також закономірності розподілу фінансів. Його роботи дозволяють зрозуміти, як інвестори розподіляють кошти для вкладень, якими принципами керуються та як взаємодіють із домогосподарствами.

Важливою працею для розуміння принципів функціонування фондових ринків є робота «Ринкові цикли» Г. Маркса [4]. У цій роботі було детально описано найбільш важливі цикли, що впливають на ринок та виведено моделі, що дозволяють їх враховувати та керувати ними. Зазначена робота дозволяє проводити оцінку можливих кризових явищ та нівелювати ризики для уникнення значних потрясінь.

Використання методів нелінійної динаміки вивчали Б. Мандельброт [5], Р. Брейлі, О. Мартенс [6] та інші, які займалися розробкою моделей за допомогою методів вейвлет-аналізу.

I, хоча дослідження даної методології не було настільки глибоким, як застосування методів лінійної динаміки, отримані результати вже дозволяють використовувати зазначені методи для прогнозування поведінки фондового ринку.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Головною метою функціонування фондового ринку є забезпечення руху фінансових інструментів (грошових коштів) між інвесторами та тими, хто найбільше потребує фінансових вкладень. Так, фондовий ринок при найкращих умовах дозволяє забезпечити безперебійний притік інвестицій та їх ефективний розподіл для підвищення рівня економіки. Фондовий ринок та економіка загалом є взаємопов'язаними, а поведінка учасників ринку є відображенням реального соціального та фінансового рівня розвитку населення. Саме тому прогнозування діяльності ринку з урахуванням усіх чинників впливу, як соціальних, так і політичних є пріоритетним напрямком в економічних дослідженнях. На жаль, український ринок не є досконало вивченим, оскільки він є доволі молодим та хитким, а нестабільність соціально-економічних процесів у державі спричиняє великі коливання, які дуже важко виявити та передбачити.

Наявність таких коливань підтверджує і UX-індекс. Це показник Української фондової біржі, що на рівні з індексом ПФТС, є відображенням ходу торгівлі на біржі. Даний показник розраховується як відношення сумарної капіталізації ринкових цінних паперів до сумарної ринкової капіталізації цінних паперів на початкову дату, помножене на значення індексу на початкову дату і на поправочний коефіцієнт [7]. Даний індекс публікується кожні п'ятнадцять секунд і дозволяє визначити загальний стан ринку. Оскільки індекс змінюється динамічно, то отримання прогнозів на основі вхідних необроблених даних є досить складним завданням.

У свою чергу, відсутність якісних прогнозів знижує рівень довіри інвесторів, як вітчизняних, так і зарубіжних, а також спричиняє небажання населення вкладати інвестиції та ризикувати у розподілі коштів. Це, в свою чергу, гальмує розвиток ринку, забезпечує розвиток тіньової економіки, відтік ресурсів за кордон та, в результаті, до зубожіння населення. Тому важливою задачею є визначення закономірностей функціонування фондового ринку України, можливих шляхів його розвитку, виділення факторів впливу, що призводять до появи нестійких коливань та шумів,

які не можуть бути враховані в традиційному прогнозуванні.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є розроблення методичного підходу щодо прогнозування тенденцій розвитку українського фондового ринку на основі вейвлет-перетворень.

Для реалізації мети необхідно виконати такі завдання:

- охарактеризувати історичний розвиток українського фондового ринку;
- визначити основні риси вейвлет-аналізу та особливості його застосування при дослідженні часових рядів;
- провести аналіз показника української фондової біржі за допомогою вейвлет-аналізу;
- проаналізувати отримані результати.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розвиток українського фондового ринку почався зі здобуттям незалежності і на початку був дуже динамічним. Держава намагалася змінити курс економіки, використовуючи прогресивний підхід Заходу. Банки, компанії, кредитні спілки намагалися мобілізувати ресурси та залучити домогосподарства до інвестування. Швидкими темпами випускалися цінні папери, активи учасників фінансових ринків постійно зростали. Але застаріла система управління, перейнята від Радянського Союзу, високий рівень корупції, відсутність необхідного законодавства сприяли тому, що і на сьогоднішній день вітчизняний фондовий ринок не є ефективним механізмом для реалізації тих чи інших інвестиційних програм. На тлі доволі нестабільної політичної ситуації в країні, постійних кризових явищ, війни та низького рівня життя, інвестори не поспішають вкладати кошти на ринку, а іноземні капітали не забезпечують достатній грошовий обіг. Саме тому необхідно забезпечити підтримку розвитку ринку та виявити основні тенденції його функціонування. Вейвлет-аналіз в даному випадку дозволяє отримати найбільш точний прогноз, оскільки кількість чинників, що негативно впливають на розвиток саме українського ринку є дуже великою, і необхідно визначити, які з них є суттєвими, а які мають низький вплив чи не мають його взагалі.

Вейвлет-перетворення дозволяють розглядати досліджуваний процес у вигляді лінійної комбінації різноманітних функцій, що мають назву базису відповідного перетворення. Головною перевагою вейвлет-перетворень для аналізу часових рядів є те, що даний аналіз нагадує послідовність вікон, які розширюються та стискаються відповідно до частоти

коливань аналізованого сигналу. Фондовий ринок, в свою чергу, має стохастичні компоненти, що змінюються у часі швидкими темпами. Вейвлет-аналіз дозволяє визначити циклічність появи тих чи інших значень, її тривалість та залежність від часу. Завдяки цьому з'являється можливість не лише передбачати ринкові цикли, але й досліджувати їх залежність від певних подій. Тобто можна передбачати виникнення крахів на ринку та причин, що цьому сприяють. Такий прогноз дозволить уникнути появи так званих цінових бульбашок та спекуляцій на ринку, підвищивши його привабливість.

В цілому, вейвлет-перетворення сигналу – це його представлення у вигляді загального ряду за системою базисних функцій [8]:

$$\psi_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} \psi[(t-b)/a] \quad (1)$$

де $\psi(t)$ – материнський (вхідний) вейвлет;
 t – значення, що $t \in 1 \dots n$ (n – кількість значень вхідного інтервалу);

b – властивість зрушення в часі;

a – властивість зміни часового масштабу.

Вейвлет-функція повинна задовольняти двом умовам [8]:

1) середнє значення (інтеграл по всій прямій) рівне 0.

2) функція швидко спадає при $t \rightarrow \infty$.

Результат вейвлет-перетворення в загальному випадку можна подати у наступному вигляді – рис. 1.

На рисунку а) відображено вхідний (материнський) вейвлет, який розподілений з певною частотою – t . Результат його розкладання на сигнали у відповідний період зображено на рисунку б).

В даному дослідженні використання вейвлет-аналіз обумовлене його здатністю обробляти не тільки стаціонарні, але й нестаціонарні ряди. Показники фондового ринку є неоднорідними у часі та просторі, тому використання вейвлетів дозволяє визначити локалізовані зміни сигналів і зрозуміти, які економічні чи соціальні явища мали вплив на спадання чи зростання показників.

У роботі для аналізу було використано дані про дохідність індексу UX – українського індексу, що розраховується в ході проведення торгів на біржі в реальному часі. Як вже зазначалося, даний індекс відображає загальний стан розвитку біржі. Базовим періодом розрахунку вважається 26 березня 2009 року, оскільки в цей день були розпочата постійна

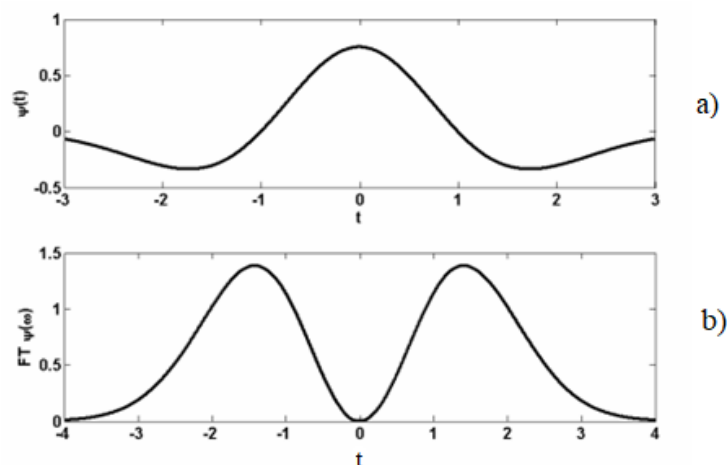


Рис. 1. Загальний вигляд функції вейвлет-перетворення [8]

торгівля. Індекс є зваженим по капіталізації з урахуванням вільних акцій. Для розрахунків було використано усереднені значення на період з 01.01.2010 по 01.01.2021. В загальному випадку часовий ряд складався з 2710 значень (рис. 2). [7]

Для проведення вейвлет-перетворення та виконання розрахунків у роботі було використано програмне забезпечення MatLab. Це потужний пакет програм для здійснення технічних розрахунків та складних математичних перетворень. Даний програмний продукт дозволяє не лише провести розрахунки та отримати якісні результати, але й представити їх у зручному для користувача вигляді [9].

Основним робочим інструментом є пакет Wavelet Toolbox – програмний засіб, що входить до складу MatLab, який використовується для проведення аналізу сигналів та зображень. Він дозволяє аналізувати розвиток спектральних характеристик в часі і виконувати локалізовану фільтрацію сигналів в часі. При аналізі відкидаються зайві шуми та здійснюється найбільш точний прогноз [9].

Перед проведенням безпосереднього прогнозування необхідно розкласти первинний сигнал і знайти коефіцієнти апроксимації та деталізації. На початку декомпозиції сигнал потрібно розкласти однорівнево для відображення розвитку ринку за визначений період (рис. 3).

Як можна побачити, торгівля на біржі проходила доволі нерівномірно і значення індексу (S) змінювалось у відповідності до економічної ситуації в країні (період – t).

Для отримання більш детальної інформації було проведено чотирирівневу декомпозицію сигналу, використовуючи вейвлет Добеши. За допомогою цього вейвлета можна проаналі-

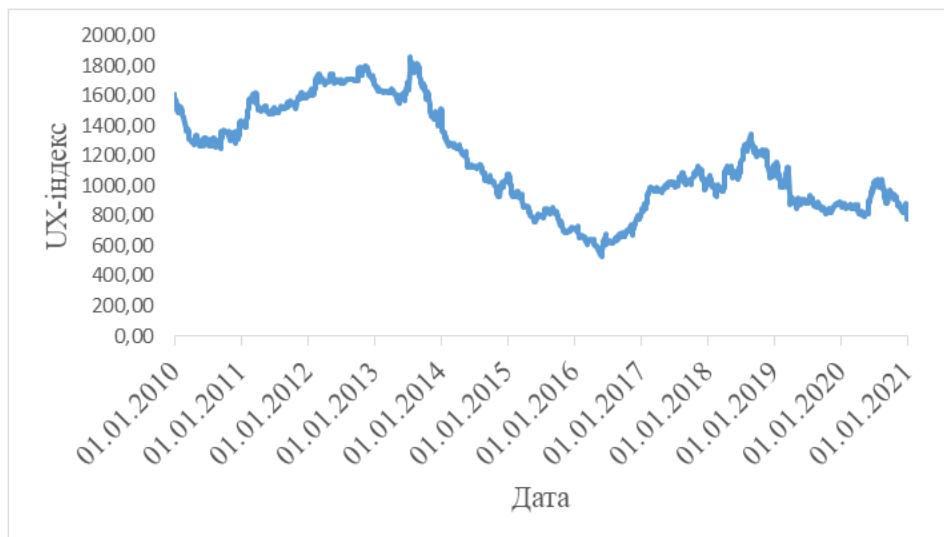


Рис. 2. Значення початкових даних

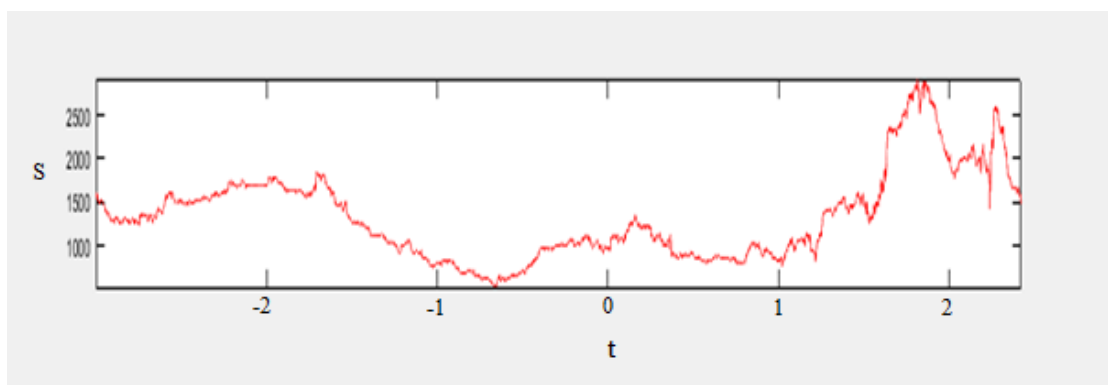


Рис. 3. Однорівнева декомпозиція сигналу

зувати сигнал вертикально та горизонтально, при цьому кожна наступна декомпозиція проводиться на основі попередньої. Даний вейвлет є найбільш чутливим до шумів та на різних рівнях декомпозиції дозволяє усунути найбільш значущі з них i , в результаті, отримати досить точне відображення поточного стану i , відповідно, реальні прогнозовані значення.

Екранна форма результатів проведеного декомпонування представлена на рис. 4.

Перша декомпозиція $d4$ відображує початкові значення з досить малим ступенем згладжування. Одразу неможливо визначити, в які періоди, що відображуються по осі X , відбувалися найбільші коливання. Наступні рівні $d3$ та $d2$ відображують більш глибоке відкидання шумів і демонструють, коли значення мали найбільші сплески. Ці значення дозволяють провести аналіз функціонування фондового ринку протягом усього періоду його існування. Як можна побачити, великий сплеск енергії відповідає початку кризових

явищ в економіці країни – періоди № 2000 та 2500. Так, з початку періоду (2010 рік) спостерігається деяка стабільність. Це пов'язано з відносною стабільністю економіки після світової кризи 2008 року. В цей час в країні лише відбулися президентські вибори, і економічних потрясінь не відбувалось. Оскільки ринок був доволі молодим, то інвестори охоче вкладали кошти та пробували інвестувати власні ресурси в перспективну країну. Суттєві сплески енергії, що відображені на рівні $d4$, відповідно, падіння індексу розпочалося в 2014 році, коли економіка країни мала доволі хиткі позиції. В цей час в країні почали спостерігатись не лише економічні, але й політичні і разом з тим, соціальні проблеми. Криза тих років спричинила недовіру до фондового ринку, і він зазнав значного занепаду.

Так, цей регрес продовжується і на сьогодні. Це пов'язано з подіями, що відбуваються у світі, і, безпосередньо, війною в державі. На даному етапі розвитку фондового ринку велику

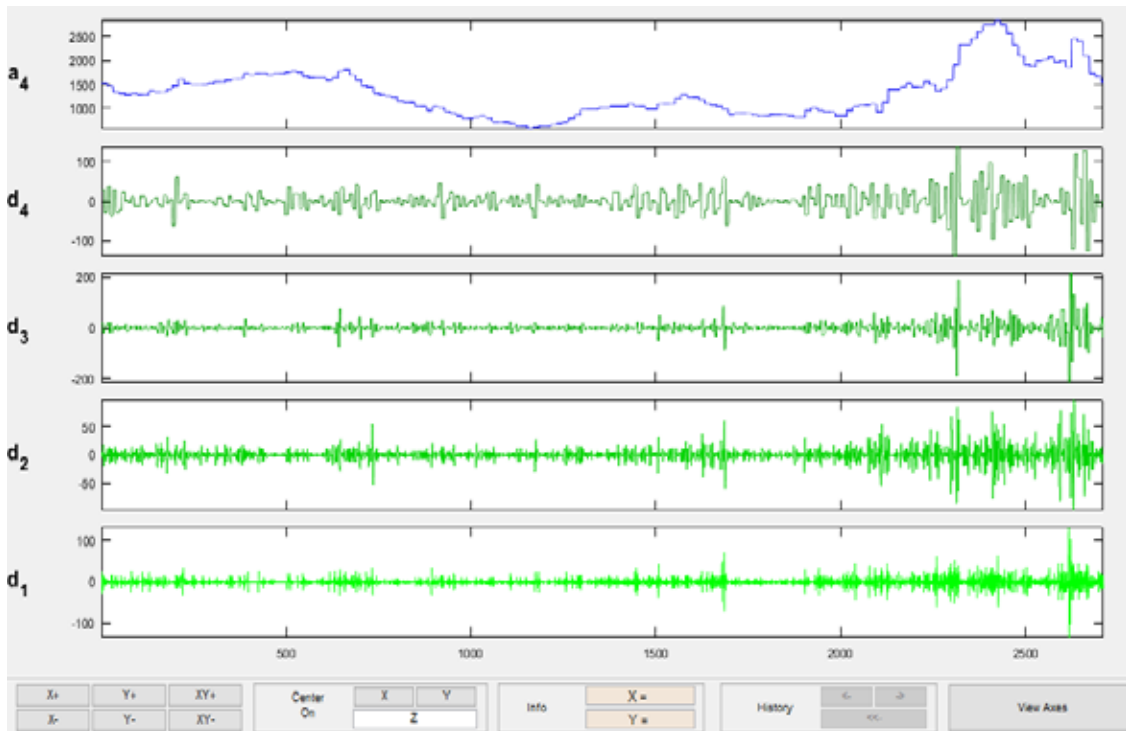


Рис. 4. Залишки від очищення вейвлетами ряду дохідностей UH-індексу

роль відіграє пандемія, оскільки у всьому світі відбувається стагнація економіки, що не може не відобразитися на перебігу торгівлі.

Ці фактори зумовлюють недовіру населення до ризикових вкладів, а іноземні інвестори надають перевагу перевіреним програмам, в які вкладають кошти. Соціальний стан населення не дозволяє вкладати кошти в інші установи, компанії, крім банків. Це зумовлює монополію на ресурси і відтік капіталу за кордон, оскільки кількість банків саме з іноземним капіталом на території України є високою. Тому торгівля на українській біржі відбувається доволі повільно, але тенденції до позитивного розвитку все ж спостерігаються. Тому необхідно виконати прогнозування і зрозуміти, як фондовий ринок зможе розвиватись.

Прогнозування було виконано за допомогою модуля Wavelet Toolbox з рівнем розкладення – 24 для більш широкого прогнозування. В даному випадку рівень розкладу буде відповідати 24 дням. Прогнозувати значення на більший період для фондового ринку недоцільним, оскільки отримані показники не будуть відображати реальний стан ринку.

Для перевірки адекватності обраної методики було виконано прогнозування значень та їх порівняння з фактичними показниками за період з 02.01.2021 по 26.02.2021 рр. (рис. 5).

Синя лінія відображає значення реальних показників. Лінія червоного кольору відобра-

жає найбільш вірогідний напрямок розвитку. Як можна побачити, значення індексу має тенденцію до зниження. Так, прогнозовані показники знаходяться на рівні 1400-1300, що є доволі низьким показником. Це свідчить про те, що торги на біржі не набудуть великого розвитку найближчим часом. Це може бути пов'язано із потрясіннями, що відбуваються у світі, такими як пандемія, що мала значний вплив на еконо-

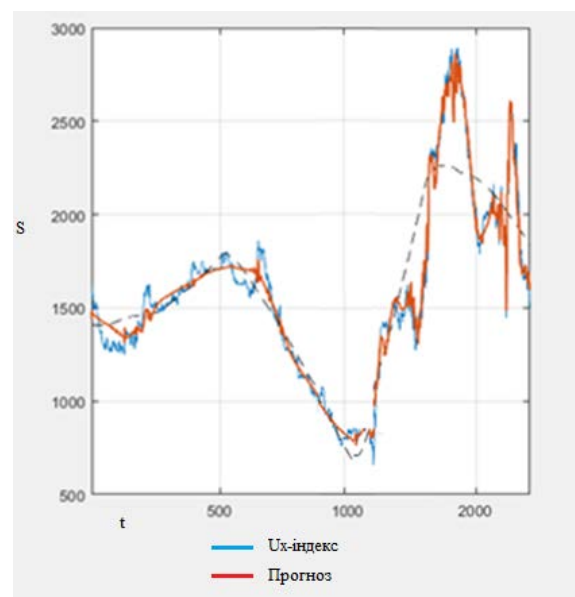


Рис. 5. Прогноз функціонування фондового ринку

міку світу, політичні потрясіння, пов'язані з військовими конфліктами та санкціями, що запроваджуються в багатьох країнах.

Складність прогнозування полягає і в тому, що спрогнозувати і визначити, як буде розвиватись той чи інший чинник, який має вплив на ринок, майже неможливо. Оскільки світові тенденції змінюються, з'являються нові виклики і нові умови, для пристосування до яких потрібен час. Тому для початку необхідно створювати умови для розвитку фондового ринку в середині країни, затверджувати законодавство та підвищувати рівень життя населення для збільшення можливості розподілу додаткових ресурсів.

Висновки. Отже, в статті було проаналізовано діяльність українського фондового ринку відповідно до розвитку економіки країни. Отримані прогнози свідчать про те, що тенденції функціонування фондового ринку залежить від багатьох чинників, основними з яких є стан економіки та рівень соціального забезпечення населення. Відповідно до цього ринок має і зворотній вплив, оскільки поживлення торгівлі сприяє підвищенню загального

рівня інвестування, що позитивно впливає на державний розвиток.

Саме тому при розбудові вітчизняного фондового ринку необхідно в першу чергу розвивати соціальну складову, забезпечувати безпечну, рівну та прозору торгівлю на біржі. Такі кроки забезпечать довіру учасників ринку, підвищать притік інвестицій. Це, в свою чергу, підвищить рівень розвитку економіки і прискорить грошовий обіг. Побудована модель дозволяє отримати адекватний прогноз показників діяльності ринку на 24 періоди. Зважаючи на високу частоту значень такий прогноз дозволить відслідковувати короточасні прояви ринку відповідно до подій, що відбуваються у державі та світі в цілому, та відтворювати тенденції ринку для подальшого використання у моделюванні.

Отже, можна сказати, що вейвлет-перетворення, за допомогою якого було здійснений аналіз, є доволі ефективним методом прогнозування розвитку ринку, і в подальшому він може бути застосований для комплексної оцінки фондового ринку та створення програми його розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Markowitz Harry M. Portfolio Selection. *Journal of Finance*. 1952. № 7(1). Pp. 71–91.
2. Sharpe, William F. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*. 1964. 19(3). 425–442.
3. Stewart M. Principles of Corporate Finance. 2002.
4. Маркс Г. Ринкові цикли. Москва : Альпина-паблішер, 2019.
5. Б. Мендельброт. (Не) слухняні ринки. Фрактальна революція в фінансах. Москва : Вільямс, 2006.
6. Брейлі Р., Мертенс О. Інвестиційна оцінка: інструменти та методи оцінки будь-яких активів. Москва : ИНФРА-М, 2000.
7. Значення індексу UX. URL: <http://www.ux.ua/ua/index/stat/dailyhistory.aspx?code=UX>
8. Морозова Н.С. Дослідження вейвлет-перетворення часових рядів на стаціонарність. Труды конференции МОНА-2001. 2001. С. 1–2.
9. MatLab. URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

REFERENCES:

1. Markowitz Harry M. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, no. 7(1), pp. 71–91.
2. Sharpe, William F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425–442.
3. Stewart M. (2002). Principles of Corporate Finance.
4. Marks H. (2019). Rynkovi tsykly. Moskva: Alpyna-publisher.
5. B. Mendelbrot. (2006). (Ne) slukhnyani rynky. Fraktalna revolyutsiya v finansakh. Moskva: Vilyams.
6. Breyli R., Mertens O. (2000) Investytsiyina otsinka: instrumenty ta metody otsinky bud-yakyykh aktyviv. Moskva: YNFRA-M.
7. Znachennya indexu UX. URL: <http://www.ux.ua/ua/index/stat/dailyhistory.aspx?code=UX> (accessed 13 February 2021).
8. Morozova N.S. (2001). Doslidzhennya wavelet-peretvoren chasovyh ryadiv na stazionarnist. Trudy konferenzyi MONA-2001.
9. MatLab. URL: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (accessed 13 February 2021).