

Степан Боярчук¹, Василь Іванина²

¹Кафедра систем автоматизованого проектування, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, E-mail: stepan.y.boiarчук@lpnu.ua, ORCID 0009-0002-0554-9257

²Кафедра систем автоматизованого проектування, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери 12, Львів, Україна, E-mail: vasyly.v.ivanyna@lpnu.ua, ORCID 0009-0007-6950-4783

ГІПОТЕЗА ФРАКТАЛЬНОГО РИНКУ ДЛЯ ТОРГІВЛІ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВОЇ ЦІНИ

Отримано: травень 09, 2024 / Переглянуто: червень 03, 2024 / Прийнято: червень 27, 2024

© Боярчук С., Іванина В., 2024

<https://doi.org/>

Анотація. У статті розглядаються основні принципи гіпотези фрактального ринку (ГФР) та її застосування у торгівлі і прогнозуванні ринкової ціни. ГФР пропонує нову перспективу для розуміння ринкових динамік, дозволяє виявляти закономірності, які часто не можуть бути враховані традиційними методами аналізу. Особлива увага приділяється масштабним властивостям ринкових даних, що дозволяє застосовувати моделі прогнозування на різних часових інтервалах, від короткострокових до довгострокових прогнозів. ГФР також враховує ймовірність екстремальних подій, що дозволяє покращити оцінку ризиків і підвищити точність прогнозування. Досліджено переваги гіпотези фрактального ринку у порівнянні з традиційними фінансовими гіпотезами, такими, як випадкове блукання та гіпотеза ефективного ринку, та її потенціал для інтеграції з методами машинного навчання для створення більш точних і надійних моделей прогнозування.

Ключові слова: гіпотеза фрактального ринку, фінансові ринки, прогнозування ринкової ціни, самоподібність, фрактальна геометрія, ризик-менеджмент, машинне навчання.

Вступ

Гіпотеза фрактального ринку використовується для аналізу фінансових ринків. Вона передбачає, що ринкові ціни демонструють фрактальні властивості, тобто моделі, які спостерігаються в малому масштабі (наприклад, протягом дня), подібні до тих, що спостерігаються у більшому масштабі (наприклад, щотижня або щомісяця). Гіпотеза фрактального ринку кидає виклик традиційним гіпотезам випадкового блукання та ефективного ринку, припускаючи, що ринкові рухи не є абсолютно випадковими та неефективними відповідно. Натомість пропонується, що в ринкових даних існують базові структурні закономірності, які можна кількісно визначити та використовувати для прогнозування майбутніх коливань цін.

Актуальність цієї гіпотези полягає в тому, що вона надає нові методи інтерпретації фінансових даних, які дозволяють краще розуміти і передбачати ринкові рухи. Вона дозволяє аналізувати не лише звичайні статистичні закономірності, а й враховувати складні структурні аспекти цінних динамік, що можуть бути корисними для інвесторів, трейдерів і економістів.

Постановка проблеми

Гіпотеза фрактального ринку (ГФР) виступає, як сучасний інструмент для аналізу фінансових ринків, надаючи нові можливості для прогнозування ринкової динаміки та управління ризиками. Однак, попри її потенціал, існують кілька проблем і викликів, які необхідно вирішити для ефективного використання ГФР у торгівлі та прогнозуванні ринкової ціни

Застосовуючи гіпотезу фрактального ринку, аналітики прагнуть розробити моделі та методи прогнозування, які охоплюють характеристики для покращення торгових стратегій та управління ризиками на фінансових ринках. Однією з ключових проблем у фінансовому аналізі є прогнозування екстремальних подій, таких як фінансові кризи або різкі зміни цін, які можуть мати суттєвий вплив на інвестиційні портфелі. ГФР пропонує нові підходи до оцінки ймовірності таких подій, але необхідні додаткові дослідження для розробки ефективних інструментів управління ризиками.

Огляд сучасних джерел інформації за тематикою публікації

Дослідження в області гіпотези фрактального ринку об'єднують вчених з різних сфер, включаючи фінанси, математику, економіку та комп'ютерні науки. Луї Башельє французький математик, вважається одним з засновників у застосуванні математичних методів до фінансів. Сучасні моделі, такі як, модель Блека-Шоулза, враховують змінну волатильність та інші фактори, які більш точно відображають реалії фінансових ринків. Описом фрактальної природи фінансових ринків та критикою моделі випадкового блукання займався вчений - Бенуа Мандельброт. Карл Пірсон — один із засновників математичної статистики. Очевидну випадкову поведінку цін на товари також відзначив економіст Холбрук Воркінг [1].

Перше застосування гіпотези фрактального ринку для аналізу трендів і довгострокового прогнозування цін у поєднанні з використанням машинного навчання для короткострокового прогнозування було здійснено у 2021 році для випадку торгівлі вуглецевими газами [2]. Обсяг світового криптовалютного ринку становив 827 мільйонів доларів США у 2023 році та, за прогнозами, зросте з 910 мільйонів доларів США у 2024 році до 1903 мільйонів доларів США у 2028 році при загальному річному темпі зростання 11,1% у прогнозований період 2022–2028 років [2].

Існує багато способів спробувати передбачити ринковий ризик і керувати ним. На фінансових ринках найстаріший і, можливо, найпростіший підхід називається «фундаментальним аналізом» [2]. Цей підхід передбачає дослідницький аналіз компанії, галузі, ринку або економіки навколо запропонованої інвестиції чи торгівлі, який може виявити причину зміни курсу акцій. Потім результати використовуються, щоб спробувати передбачити наступний рух акцій. Цей тип фундаментального аналізу передбачає наявність основної причини. Вважається, що ціна, облігація, дериватив або товар змінюються через якусь подію чи факт, який, як правило, походить від іншої зовнішньої події. Неявним припущенням у такому підході є те, що якщо людина може зрозуміти основну причину досить рано, тоді можна спрогнозувати подію та вжити відповідних заходів для управління ризиком або інвестиціями. Однак у реальному світі причини часто неясні або непомітні.

Оглядаючись назад, фундаментальний аналіз часто можна відновити, щоб виявити точні передбачення подій. Однак до факту два діаметрально протилежні результати могли здаватися однаково ймовірними. Таким чином, хоча дійсність може час від часу сприйматися, це не обов'язково є найкращою основою для побудови системи управління ризиками. У відповідь на це фінансова галузь має та продовжує розвивати інші форми аналізу даних із використанням більш кількісних інструментів.

Друга найдавніша форма аналізу називається «технічний аналіз» [3,4]. Це стосується розпізнавання закономірностей (реальних чи уявних), а також вивчення діаграм цін, обсягів і індикаторів у пошуках підказок щодо того, купувати чи продавати. Саме в результаті цієї еволюції комунікаційних технологій народилася «сучасна фінансова теорія», що включає методи аналізу, які виникли з математики випадковостей, теорії ймовірностей, статистичного аналізу та стохастичного моделювання поля. Основна концепція полягає в тому, що хоча неможливо передбачити точне значення майбутньої ціни, можна оцінити (короткострокові) коливання таких майбутніх значень за умови, що статистичні характеристики коливань не змінюються з часом.

Гіпотеза фрактального ринку для торгівлі та прогнозування ринкової ціни...

У цьому контексті ризик можна вважати величиною, яку можна виміряти, і тому ним можна керувати. Саме на цьому припущенні було розроблено сучасний аналіз ринку [5-7]. Гіпотеза фрактального ринку, можливо, є неминучим наслідком того факту, що фінансові часові ряди не є ергодичними, тобто вони є статистично нестационарними стохастичними полями. Багато з наведених вище підходів виникли з торгівлі акціями, а не товарами, де доступно набагато менше досліджень. Це в основному через те, що історично товари були більш «спеціалізованими», ніж акції. З розширенням електронної та алгоритмічної торгівлі та тим, як це змінило інвестиції, способи торгівлі товарними та фондовими активами стають все більш схожими.

Фінансовий часовий ряд, по суті, є цифровим сигналом, який, як правило, складається з рівномірного набору дискретних значень ціни товару [8]. Інтервали часу між послідовними значеннями ціни можуть значно відрізнятися від секунд і хвилин до днів і місяців. З цієї причини можна застосовувати багато програм, розроблених для обробки сигналів у цілому. Обробка фінансових сигналів базується на застосуванні численних алгоритмів, які обчислюють низку статистичних показників, наприклад, у спробі кількісно визначити різні аспекти руху цін, наприклад, коли дані надходять у торговий центр [9].

Фокус таких алгоритмів обробки сигналів базується на результатах, які є специфічними для проблем економіки та аналізу ринку.

Виклад основного матеріалу

Алгоритми зосереджені на обробці фінансових сигналів, які дають показники, що в свою чергу представляють особливий інтерес для фінансових трейдерів. Основною метою таких алгоритмів є надання кількісного аналізу, який дозволяє найкраще оцінити зміни на фінансових ринках, наприклад ціни акцій, ціни опціонів або інші типи похідних інструментів. Зазвичай вони застосовуються на основі рухомого вікна для отримання «метричних сигналів», тобто сигналів, які є послідовними часовими рядами певних показників, обчислених із вибірки вихідних даних. Приклад таких показників включає волатильність:

$$\sigma = \left[\sum_{n=1}^N \ln \left(\frac{u_n + 1}{u_n} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

Модель Луї Башельє починається з розгляду ринків з точки зору того, що Башельє назвав «чесною грою». Це аналогічно простому підкиданню монети: вірогідність випадіння орел так само висока, як і решка. Крім того, щоразу, коли ви підкидаєте монету, шанси залишаються 50–50 незалежно від того, що сталося під час попереднього підкидання. По суті, Луї Башельє називав те, що ми сьогодні знаємо як «випадкове блукання». Цей термін був вперше введений Карлом Пірсоном у 1905 році [3] і може бути визначений як «математичне оформлення шляху, який складається з послідовності випадкових кроків».

У контексті фінансових ринків ця концепція пізніше була розвинена в те, що можна назвати гіпотезою випадкового блукання (RWH), приклад тривимірного випадкового блукання наведено на рисунку 1.

Пропозиція Башельє припускала, що якщо всі зміни цін французьких державних облігацій нанести на графік як часові ряди, то вони розподілятимуться на папері у вигляді знайомої кривої у формі дзвона (нормальний або гаусівський розподіл) з багатьма малими змінами, згрупованими в групи, у центрі та менше великих змін у проміжках.

Луї Башельє заявив, що найкраща оцінка ціни товару завтра – це сьогоднішня ціна плюс деяке випадкове значення (яке може бути позитивним або негативним) [9]. У цьому контексті він дійшов висновку, що історичні зміни цін на цінні папери не містять корисної інформації. Іншими словами, динаміка історичних фінансових часових рядів не впливає на майбутні зміни цін.

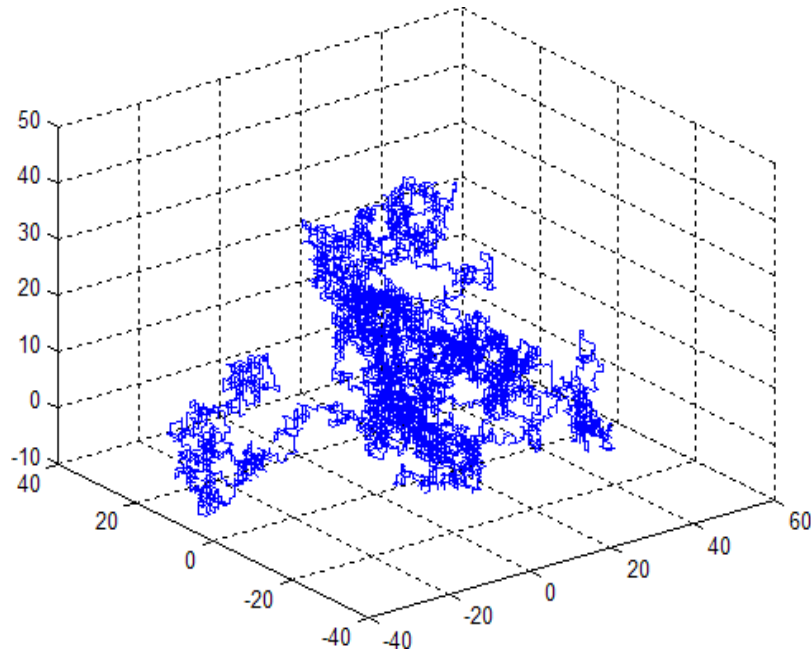


Рис.1. Тривимірне моделювання випадкового блукання

Очевидну випадкову поведінку цін на товари також відзначив економіст Холбрук Воркінг у 1934 році [10] у своєму аналізі фінансових часових рядів. Крім того, як обговорювалося раніше, у 1950-х роках Моріс Кендал намагався знайти періодичні цикли у фінансовому часовому ряді [11]. Вивчаючи різні цінні папери і товари того часу, він не помітив жодного. У всіх випадках ціна представляла собою вчорашню ціну плюс деякі випадкові зміни (вгору чи вниз). Тому він припустив, що зміни цін були незалежними і відбуваються за гіпотезою випадкового блукання. Таким чином, шукаючи певну циклічну поведінку фінансових часових рядів, Кендалл дійшов тих самих висновків, що й Луї Башеле.

Цей висновок є основою для «Гіпотези випадкового блукання» (RWH), яка є найпростішою з моделей фінансових часових рядів:

$$u_{n+1} = u_n + r_n, \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots, N, \quad (2)$$

де u_n — це ціна товару сьогодні, u_{n+1} — це ціна завтра, а r_n — деяке випадкове число, яке може бути додатним або від'ємним, залежно від початкової умови u_0 .

У контексті заяви Башельє про те, що оцінка ціни товару завтра — це ціна сьогодні плюс (або мінус) деяке випадкове значення, змінна u_n представляє щоденне значення ціни для дня n . Це можуть бути значення відкриття або закриття в цей день, або максимум і мінімум протягом того самого дня. Однак значення u_n не повинно представляти лише щоденне значення ціни, а будь-яке значення, яке змінюється протягом інтервалу часу, протягом якого кількісно визначаються зміни цін і для якого доступні дані.

Подібним чином, вартість u_n може представляти будь-який торговий товар, включаючи енергетичні товари, такі як газ і нафта, дорогоцінні метали та валютний обмін, а також новіші доповнення до торгівлі на вільному ринку, такі як торгівля криптовалюти. Однак добре відомо, що часові ряди для кожного товару різні з точки зору масштабу та нерегулярності.

З точки зору моделі, складеної в рівнянні (2), єдиною змінною, яка може пояснити будь-яку різницю в часовому ряді u_n (з урахуванням деяких початкових умов u_0), є випадкова змінна r_n . Ця змінна може мати інше трактування.

Згідно з гіпотезою Башельє, r_n описує різницю в ціні, яка вважається нормально розподіленою. У зв'язку з цим на рис.2. наведено моделювання для фінансового часового ряду на основі рівняння (2) для $u_0 = 100$, де r_n отримано за допомогою застосування генератора випадкових чисел.

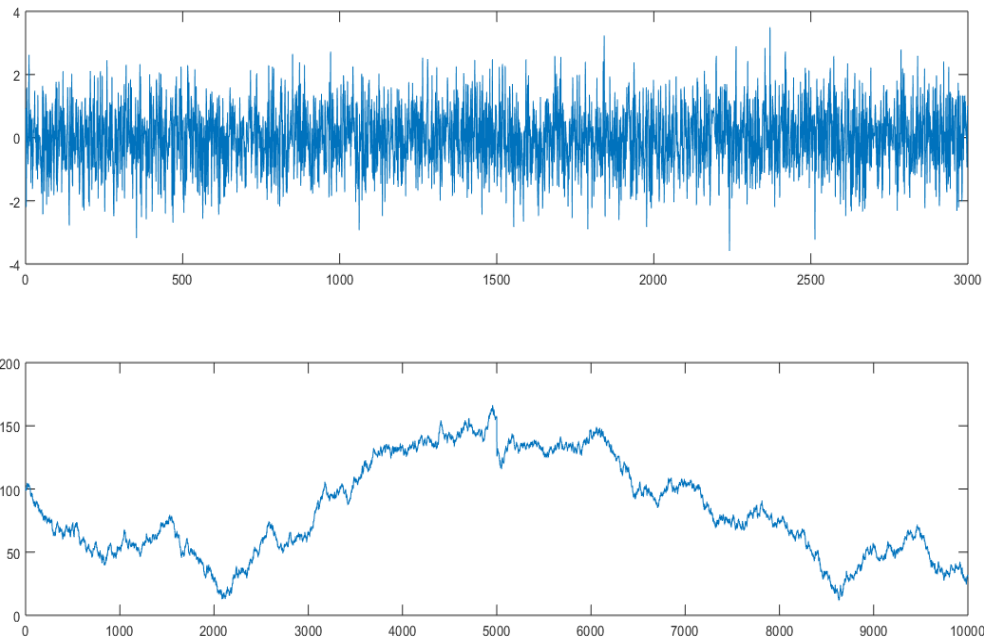


Рис.2. Моделювання фінансового часового ряду u_n на основі гіпотези випадкових блукань з використанням рівняння (2) для $N = 10\,000$ і стаціонарного нульового середнього розподіленого стохастичного поля r_n для цінкових різниць (показано лише перші 3000 зразків)

Рівняння (2) є простим прикладом моделі дискретного випадкового блукання. Її аналог - модель безперервного часу може бути отримана, якщо написати:

$$u(t + \Delta t) = u(t) + \frac{\Delta t}{\tau} r(t), \quad (3)$$

де τ – довільний постійний інтервал часу. Тоді зрозуміло, є можливість представити RWN у термінах диференціального рівняння першого порядку (як $\Delta t \rightarrow 0$)

$$\tau \frac{d}{dt} u(t) = r(t), \rightarrow (t) = \frac{1}{\tau} \int r(t) dt. \quad (4)$$

У цьому контексті функція $u(t)$ стає сумою (інтегралом) незалежних випадкових варіацій. Це називається броунівським рухом, який є основою для гіпотези ефективного ринку. Спектр $u(t)$ задається формулою:

$$U(\omega) = \frac{R(\omega)}{i\omega\tau}, \quad (5)$$

$$U(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \exp(-i\omega t) dt, \quad R(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} r(t) \exp(-i\omega t) dt,$$

де ω – (кутова) часова частота. Таким чином, для спектру білого шуму $R(\omega)$ - амплітудний спектр фінансового сигналу (згідно з гіпотезою випадкового блукання) характеризується законом масштабування частоти $|U(\omega)| \sim 1/|\omega|$.

Моделі цього типу використовуються в багатьох програмах, де вони допомагають пояснити спостережувані характеристики полів, які, як відомо, є результатом стохастичних процесів, тобто, де просторові та часові характеристики фізичної системи є недетермінованими.

Гіпотеза випадкового блукання є основою гіпотези ефективного ринку. В гіпотезі ефективного ринку стверджується, що випадкові зміни цін вказують на добре функціонуючий або ефективний ринок. Гіпотеза припускає, що існує раціональний і унікальний спосіб використання доступної інформації всі агенти, що володіють цими знаннями і що будь-яка ланцюгова реакція, спричинена «шоком», відбувається миттєво. Це неможливо фізично. Таким чином, можна

стверджувати, що фінансові моделі, які базуються на гіпотезі ефективного ринку, зазнали і будуть продовжувати зазнавати провалу [12-15].

З точки зору розробки фінансової моделі часових рядів, гіпотеза ефективного ринку є проявом припущення, що випадкові зміни цін є наслідком системи, яка характеризується розподіленими відхиленнями за Гаусом, і що часові ряди є продуктом процесу (класична) дифузії.

Модель для гіпотези фрактального ринку може бути розроблена наступним чином. Гіпотеза ефективного ринку базується на припущенні, що $p(x)$ є розподіленним за Гаусом. Гіпотеза фрактального ринку базується на припущенні, що $p(x)$ є розподілом Леві з характеристичною функцією, заданою як:

$$P(k) = \exp(-a|k|^\gamma) \sim 1 - a|k|^\gamma, \quad a \ll 1, \quad (6)$$

де γ – індекс Леві, а константа a має розмірність Length^γ .

Очевидно, що коли $\gamma=2$ і $a=\sigma^2/2$, характеристична функція зводиться до такої для нормального розподілу.

Для $\gamma=1$ $p(x)$ є розподілом Коші, але для довільних значень індексу Леві розподіл має асимптотичний вигляд:

$$p(x) \sim \frac{1}{|x|^{1+\gamma}}, \quad |x| \rightarrow \infty. \quad (7)$$

У цьому випадку необхідно розглянути два фундаментальних питання. Перший полягає в тому, ми отримуємо рівняння для $u(x, t)$, яке описує дробову дифузю:

$$\tau \frac{d}{dt} - \frac{d^\gamma}{d|x|^\gamma} u(x, t) = r(x, t), \quad \text{де } \frac{d^\gamma}{d|x|^\gamma} u(x, t) \leftrightarrow |x|^\gamma U(k, t). \quad (8)$$

Другий важливий аспект, пов'язаний із цим розподілом, полягає в тому, що порівняно з нормальним розподілом розподіл Леві має довші «хвости». Приклад цього показано на рис.3, де порівнюються два розподіли для $p(0) = 1$.

На рис.3 також наведено приклад розподілу для щоденної різниці цін фінансового сигналу. Він порівнює розподіл цих даних із нормальним розподілом.

У цьому випадку гістограма характерна для часових рядів щоденних обмінних курсів біткойн–долар. Червона лінія, що лежить вище, показує нормальний розподіл із середнім значенням і стандартним відхиленням, взятими з емпіричних обмінних курсів біткойн–долар. Блакитна лінія показує оцінку гаусової ядерної щільності, що найкраще підходить для гістограми, виявляючи суттєві відхилення від нормального розподілу [4].

Обмінні курси Bitcoin–USD розглядаються далі в цій роботі щодо довго- та короткострокового прогнозування з використанням ГФР на основі припущення, що система є розподіленою за Леві.

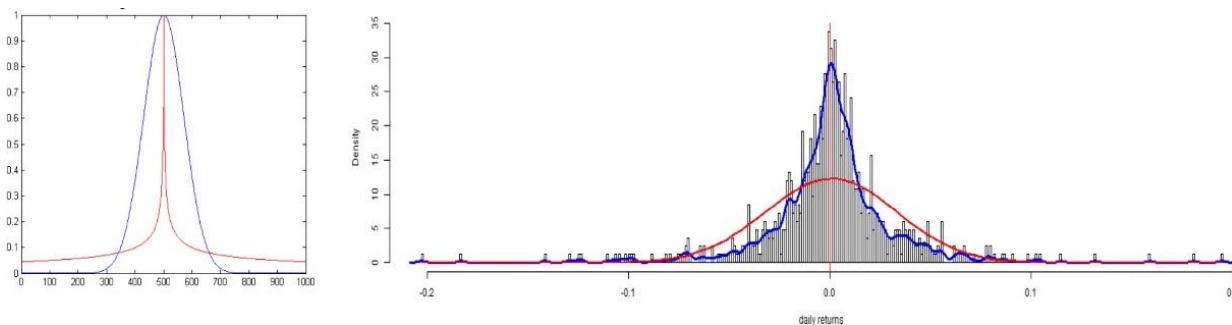


Рис.3. Зліва: Порівняння розподілу Леві (червоний) для $\gamma < 2$, при $p(x) \sim 1/|x|^{1+\gamma}$ зі стандартним розподілом Гауса (синім), при $\gamma = 2$. Праворуч: порівняння розподілу Гауса з розподілом змін ціни криптовалюти

На рис.3. у правій частині ілюструє несумісність розподілу для змін ціни (сірі стовпчики та синя лінія) з нормальним розподілом (червона лінія) та його подібність до розподілу Леві, який має вершину в центрі та має значні стовпчики в хвіст.

Результати та обговорення

Ринкова капіталізація сектору стабільних монет становить 110 млрд доларів США, що становить 5,17% від загальної капіталізації ринку криптовалют. Основним фактором, який сприяє цьому феноменальному зростанню ринку, є розвиток технології розподіленого реєстру, зростання цифрових інвестицій у венчурний капітал і зростання цін на такі криптовалюти, як біткойн [6].

Крім того, країни, що розвиваються, почали використовувати цифрові валюти як засіб фінансового обміну, і зростання популярності цифрових активів, таких як біткойни, ймовірно, сприятиме зростанню ринку в найближчі роки [6]. Це ґрунтується на використанні та інтеграції технології блокчейн для досягнення децентралізації та контрольованих ефективних транзакцій, які пропонують децентралізовані, швидкі, прозорі, безпечні та надійні транзакції.

Завдяки цим перевагам компанії та центральні банки країн, що розвиваються, інвестують у криптовалюту та співпрацюють з іншими компаніями, щоб надавати ефективні послуги користувачам криптовалюти. У цьому відношенні цільовий ринок є дуже прибутковим, особливо в цей момент, коли у 2023 році спостерігалось постійне та стабільне зростання оцінки криптовалюти.

Саме в цьому контексті проведено вище дослідження є актуальним та зосереджено на застосуванні алгоритмів гіпотези фрактального ринку, для торгівлі біткойнами, зокрема щоденних початкових значень BTC–USD.

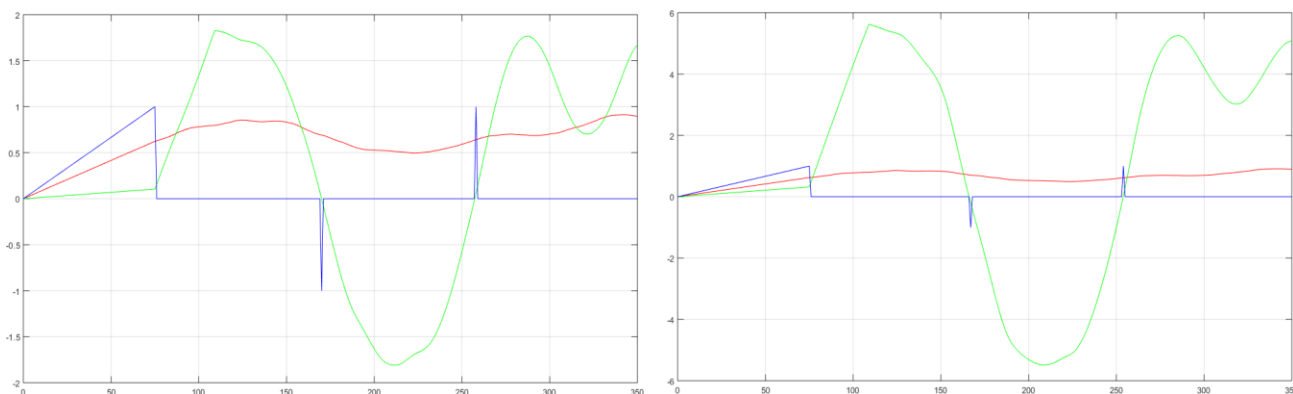


Рис.4. Аналіз тенденцій щоденного відкриття BTS–USD. BVR (ліворуч) і LVR (праворуч) обчислюються за допомогою функції Backtester(40,35,350).

В обох випадках нормалізовані дані BTS–USD наносяться на графік після застосування фільтра ковзного середнього (червоні лінії). Зелені лінії показують сигнали BVR і LVR після фільтрації. Позиції перетину нуля (сині лінії) вказують на моменти часу, де відбувається зміна тренду відфільтрованих сигналів. Хоча цей підхід може доповнювати методи прогнозування тенденцій в аналізі фінансових сигналів і, у цьому сенсі, надавати довгостроковий прогноз, він не підходить для створення короткострокових прогнозів фактичних цінних значень.

Рівень достовірності, пов'язаний з цими прогнозами, визначається значенням і безперервністю сигналів BVR і LVR. Це пояснюється тим, що амплітуда цих сигналів є мірою мінливості, тобто чим нижча мінливість, тим більша амплітуда сигналу. Таким чином, у застосуванні методу короткострокового прогнозування, сигнали BVR-LVR забезпечують не тільки вказівку на цінний тренд і те, чи повинен трейдер йти на довгу, коротку або утримувати позицію, але також індикатор управління ризиками з точки зору того, коли можна довіряти короткостроковим прогнозам. Це відбувається, коли амплітуда сигналів BVR-LVR є високою та постійною.

Висновки

Останнім часом багато хто намагався виправити основні недоліки у формулах за допомогою латок і обхідних шляхів, але, незважаючи на це, базові принципи продовжують ґрунтуватися в основному на основах, закладених Башельє понад століття тому. Традиційна фінансова теорія припускає, що коливання цін можна моделювати випадковими процесами, які фактично слідують найпростішій «м'якій» моделі, ніби кожен рух угору чи вниз визначається підкиданням монети. Хоча інколи це справді може бути правильним, можливо, у динаміці рідини це можна порівняти із застосуванням моделі для ламінарного потоку; навіть якщо ми знаємо, що потік може стати турбулентним (хоча б іноді).

Проблеми, що лежать в основі гіпотези фрактального ринку, полягають у тому, що розподіл цінкових різниць має більш центральний пік із довшими проміжками, ніж ті, що пов'язані з нормальним розподілом. Гіпотеза фрактального ринку пропонує новий погляд на аналіз фінансових ринків, що базується на концепції фракталів і самоподібності. Вона стає все більш актуальною в сучасних умовах, коли традиційні методи прогнозування часто не справляються з викликами високої волатильності і складних динамік ринків.

Цей метод підходить для ринків з високою волатильністю, де зміни цін можуть бути раптовими і значними. Основна перевага гіпотези фрактального ринку полягає в тому, що вона враховує самоподібність і масштабованість ринкових даних. Це означає, що структури, які спостерігаються на малих часових проміжках, можуть бути подібні до структур на великих масштабах. Це дає можливість застосовувати однакові моделі для прогнозування на різних часових інтервалах.

Перелік використаних джерел

- [1] Bachelier, L. Théorie de la spéculation. Ann. Sci. L'École Norm. Supérieure 1900, 3, 21–86. Available online: http://archive.numdam.org/article/ASENS_1900_3_17__21_0.pdf
- [2] Fromlet, H. (July 2001). Behavioral Finance-Theory and Practical Application. Business Economics: 63
- [3] Зеленський К. Х., Ігнатенко В. М., Коц О. П. Комп'ютерні методи прикладної математики. — К.: Академперіодика, 2022. — 480 с.
- [4] Прогнозування фінансових ринків: сучасні концепції та нові підходи: монографія / О.Л. Пластун. — Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2014. — 401 с.
- [5] Домбровський В.С., Пластун О.Л., Пластун В.Л. Гіпотеза ефективного ринку як сучасна концепція фондового ринку / В.С. Домбровський, О.Л. Пластун, В.Л. Пластун // Актуальні проблеми економіки. — №1. — 2013. — С. 14-20
- [6] MetaTrader 4. Trading Platform [electronic resource] / - Mode of access: <http://www.alpari.org>
- [7] Harrison, J. M., & Kreps, D. M. (1979). "Martingales and Arbitrage in Multiperiod Securities Markets". Journal of Economic Theory.
- [8] Сохацька О.М. Фрактальна розмірність міжнародних ф'ючерсних ринків як характеристика їх економічної природи // Журнал європейської економіки. — 2004. — Том. — 3(№ 3). — Вересень. — С. 290-321.
- [9] Peters E. Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics, John Wiley & Sons, inc, N-Y.
- [10] Лук'яненко І. Г. Динамічні макроеконометричні моделі. Новий концептуальний підхід / І. Г. Лук'яненко. — К. : ВД "КМ Академія", 2023. — 500 с.
- [11] Демківський Є.О., Демківська Т.І.Прогнозуванн нестационарних фінансово-економічних процесів. IV-а Міжнародна науково-практична конференція «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг»: Київ, КНУТД, 22 жовтня 2020 року, с. 39-40
- [12] Дема Д. І. Фінансовий ринок [Текст] : навч. посіб. за заг. ред. канд. екон. наук. проф. Д. І. Деми ; Житомир. нац. агрокол. ун-т. Житомир : ЖНАЕУ, 2017. 447 с.
- [13] Габар Ж.В. Фінансовий ринок [Текст] : монографія / Ж. В. Гарбар ; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. Київ : КНТЕУ, 2015. 455 с.
- [14] Фінансовий ринок [Текст] : підручник; за заг. ред. проф. М. А. Гапонюка ; Держ. ВНЗ "Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана". Київ : КНЕУ, 2014. 419 с.
- [15] Глущенко А. С. Ринок похідних фінансових інструментів в Україні [Текст] : монографія; Харк. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. Х. : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2021.191 с.

Stepan Boiarchuk¹, Vasyl Ivanyna²

¹Computer Design Systems Department, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, Lviv,
S. Bandery street 12, E-mail: stepan.y.boiarchuk@lpnu.ua, ORCID 0009-0002-0554-9257

²Computer Design Systems Department, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, Lviv,
S. Bandery street 12, E-mail: vasyi.v.ivanyna@lpnu.ua, ORCID 0009-0007-6950-4783

FRACTAL MARKET HYPOTHESIS FOR TRADING AND MARKET PRICE FORECAST

Received: May 09, 2024 / Revised: June 03, 2024 / Accepted: July 27, 2024

© Boiarchuk S., Ivanyna I., 2024

Abstract. The article explores the core principles of FMH and its application in trading and market price forecasting. FMH offers a new perspective for understanding market dynamics, allowing for the detection of patterns that traditional analysis methods often overlook.

Special emphasis is placed on the scaling properties of market data, which enables the use of forecasting models across different time intervals, from short-term to long-term predictions. FMH also considers the probability of extreme events, enhancing risk assessment and improving forecasting accuracy.

The article discusses the advantages of the Fractal Market Hypothesis compared to traditional financial hypotheses, such as the Random Walk Hypothesis and the Efficient Market Hypothesis, and its potential for integration with machine learning methods to create more accurate and reliable forecasting models.

Keywords: fractal market hypothesis, financial markets, market price prediction, self-similarity, fractal geometry, risk management, machine learning.