

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-85-151>

УДК 330.101.541:519.876

МІКРОСТРУКТУРНЕ ФОРМУВАННЯ ЦІНИ НА МІЖНАРОДНИХ ФІНАНСОВИХ РИНКАХ ЯК РЕДУКОВАНИЙ НЕЛІНІЙНИЙ ПРОЦЕС

MICROSTRUCTURAL PRICE FORMATION IN INTERNATIONAL FINANCIAL MARKETS AS A REDUCED NONLINEAR PROCESS

Одрехівський Микола Васильович

доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва,
Національний університет «Львівська політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3165-4384>

Буховцев Марко Юрійович

аспірант,
Національний університет «Львівська політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2321-0928>

Odrekhivskiy Mykola, Bukhovtsev Marko

Lviv Polytechnic National University

У статті доведено, що сучасні міжнародні фінансові ринки не можуть бути адекватно описані ані через рівноважну ціну, ані через поточний набір локальних спостережуваних ознак. Метою дослідження є теоретико-методологічне обґрунтування переходу від рівноважної репрезентації ціни до мікроструктурного механізму її формування та встановлення необхідності інтегральної пам'яті для опису редукованого спостережуваного стану ринку. Показано, що взаємодія ініціативного потоку ордерів і доступної ліквідності має нелінійний, станозалежний і лише частково спостережуваний характер. Обґрунтовано, що виключення прихованих координат із опису не усуває їх впливу, а повертає його у вигляді історичної залежності. Практична цінність статті полягає у формуванні теоретичного підґрунтя для подальшої побудови моделей інтегральної пам'яті та метрики інерційного стану ринку.

Ключові слова: міжнародні фінансові ринки; мікроструктура ринку; формування ціни; книга лімітних заявок; потік ордерів; ціновий імпульс; редукований спостережуваний стан; інтегральна пам'ять.

The article proves that contemporary international financial markets cannot be adequately described either through the equilibrium price or through the current set of locally observable variables. The purpose of the study is to provide a theoretical and methodological justification for the transition from the equilibrium representation of price to the microstructural mechanism of price formation and to establish the necessity of integral memory for describing the reduced observable state of the market. The relevance of the topic stems from the fact that electronic trading, fragmented liquidity, queue priority, event-based execution, and technological acceleration have transformed modern international financial markets into environments in which price emerges through sequences of submission, execution, cancellation, and liquidity reconfiguration rather than through an abstract and instantaneous coordination mechanism. The research is based on structural-logical analysis, comparative methodology, and conceptual synthesis of works devoted to market microstructure, limit order books, order flow, price impact, and projection-based theories of memory. The article demonstrates that the interaction between aggressive order flow and available liquidity constitutes the causal engine of short-horizon price formation, while the transformation of effort into price result is conditional upon the current state of liquidity, queue structure, cancellations, and execution regime. On this basis, market response is interpreted as nonlinear and state-dependent rather than proportional to the observed impulse. It is further argued that the observable market layer – price, volume, delta, imbalance, and local book configurations – represents only a reduced projection of a wider state space that includes latent liquidity, queue access, and other hidden coordinates. Therefore, the current observable state cannot be treated as a sufficient statistic of subsequent market dynamics. Using the logic of reduced-state projection and the Mori–Zwanzig formalism, the paper substantiates that when hidden coordinates are eliminated from the description, their influence



does not disappear but returns in the form of a causal memory term. The practical value of the article lies in providing a rigorous theoretical foundation for the subsequent construction of integral-memory models and the inertial-state metric capable of describing historically loaded market conditions beyond the limits of equilibrium and memoryless interpretations.

Keywords: international financial markets; market microstructure; price formation; limit order book; order flow; price impact; reduced observable state; integral memory.

Постановка проблеми. Сучасні міжнародні фінансові ринки функціонують як високошвидкісні електронні середовища виконання, у яких ціна формується не в ізольованій точці абстрактної координаті, а в безперервному процесі взаємодії заявок, черг, виконань, скасування і перебудови ліквідності. За цих умов поточний ціновий результат дедалі меншою мірою може тлумачитися як самодостатній підсумок узгодження попиту і пропозиції та дедалі більшою мірою постає як наслідок подієво організованого проходження ринку крізь структуру доступної ліквідності.

У теоретико-методологічному сенсі це означає, що проблема ціноутворення більше не може бути вичерпно описана мовою статико-рівноважних або безпам'ятних моделей. Рівноважна оптика зберігає фундаментальне значення як форма опису координаті та узгодженого стану системи, однак вона виносить за межі аналізу часову організацію торгу, локальний ціновий вплив, чергову структуру доступу до ліквідності та приховані координати, які продовжують впливати на подальшу динаміку ринку.

Практичне значення цієї проблеми безпосередньо пов'язане з необхідністю коректного аналізу ліквідності, короткострокового впливу на ціну, стійкості нових цінових областей, режимних зсувів і меж поточного ринкового імпульсу. Отже, питання про те, чи є поточний спостережуваний стан міжнародного фінансового ринку повною статистикою подальшої динаміки, виходить за межі суто мікроструктурної теорії і набуває статусу загальної методологічної проблеми фінансової науки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Класична економічна теорія інтерпретує ціну як результат координаті попиту і пропозиції в рівноважному просторі. У праці Л. Вальраса «*Éléments d'économie politique pure, ou Théorie de la richesse sociale*» ціна постає як результат взаємоузгодження ринкових співвідношень, а у статті К. Ерроу і Ж. Дебре «*Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy*» ця логіка отримала строгий формальний вираз у моделі конкурентної рівноваги [1; 2]. Водночас такий підхід майже не пояснює операцій-

ний шлях перетворення намірів учасників на угоди, обсяги та короткострокові зміни ціни.

Мікроструктурний підхід змістив фокус від ціни як готового результату до процесу її формування. У монографії М. О'Гари «*Market Microstructure Theory*» ціноутворення розглянуто через організацію торгу, ліквідність та інформаційну асиметрію; у статті А. Мадхавана «*Market Microstructure: A Survey*» систематизовано основні напрями мікроструктурного аналізу; у монографії Дж. Гасбрука «*Empirical Market Microstructure*» розкрито інституційний та економетричний виміри таких процесів; у статті Б. Біє, Л. Глостена і Ч. Спатта «*Market Microstructure: A Survey of Microfoundations, Empirical Results, and Policy Implications*» узагальнено теоретичні, емпіричні й регуляторні аспекти мікроструктури ринку [3–6].

Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний із книгою лімітних заявок, потоком ордерів та ціновим імпаком. У статті Р. Конта, С. Стойкова і Р. Талреджі «*A Stochastic Model for Order Book Dynamics*» книгу заявок формалізовано як стохастичну систему подання, виконання та скасування ордерів, а у праці М. Гулда та співавторів «*Limit Order Books*» узагальнено підходи до аналізу глибини ринку, черг і локальної ліквідності [7; 8]. У праці Ж.-П. Бушо, Дж. Д. Фармера і Ф. Лілло «*How Markets Slowly Digest Changes in Supply and Demand*» показано поступове відображення змін попиту і пропозиції в ринковій динаміці [9], а у статті Ф. Лілло, С. Майка і Дж. Д. Фармера «*Theory for Long Memory in Supply and Demand*» обґрунтовано довгу пам'ять у потоці ордерів [10]. Дж. Газерел у роботі «*No-Dynamic-Arbitrage and Market Impact*» пов'язав ринковий вплив з умовою відсутності динамічного арбітражу [11], а Е. Бакрі, І. Мастроматео та Ж.-Ф. Мюзі у статті «*Hawkes Processes in Finance*» обґрунтували використання самозбуджуваних процесів для опису історично залежної мікроструктурної динаміки [12].

У вітчизняній літературі близькі аспекти проблематики розглядаються через організовані фондові ринки, цифровізацію та інф-

раструктурну трансформацію. О. Любкіна і В. Ігнатюк у статті «Трансакційні витрати торгівлі на організованих фондових ринках: структура та наслідки для ефективності ринку» аналізують трансакційні витрати з позицій ринкової мікроструктури [18]. Л. Алексєнко у статті «Трансакційні витрати ринкового впливу торгівлі акціями: діджитал технології маневрування» розглядає трансакційні витрати, що виникають унаслідок ринкового впливу операцій з акціями в умовах цифровізації торгівлі [19]. О. Борзенко та Є. Редзюк у праці «Перспективні напрями розвитку фондового ринку України з урахуванням сучасних тенденцій» досліджують проблеми виконання фондовим ринком функції визначення цін на активи [20], а Ю. Шулик у статті «Стан та перспективи розвитку фондового ринку України» аналізує інфраструктуру, обсяги торгів і чинники розвитку українського фондового ринку [21].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значний розвиток наведених підходів, недостатньо розкритим залишається питання про те, чому поточний набір спостережуваних ринкових ознак не може вважатися повною статистикою подальшої динаміки міжнародного фінансового ринку. Наявні дослідження переконливо пояснюють окремі механізми ліквідності, виконання, цінового імпаكتу та історичної залежності, проте потребує додаткового методологічного обґрунтування теза про спостережуваний стан як редуковану проєкцію ширшого мікроструктурного процесу.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є теоретико-методологічне обґрунтування переходу від рівноважної репрезентації ціни до мікроструктурного механізму її формування та встановлення того, що безпам'ятний опис сучасних міжнародних фінансових ринків є методологічно недостатнім, а адекватний опис редукованого спостережуваного стану потребує інтегральної пам'яті.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено: визначити межі рівноважної інтерпретації ціни як самодостатнього результату ринкової координації; показати, що зміна типу доступних ринкових даних зумовила перехід до нового рівня спостереження; описати сучасний ринок як інституційно організований механізм виконання; розкрити причинний зв'язок між ініціативним потоком ордерів, ліквідністю та ціновим результатом; довести, що редукація повного ринкового стану до

поточного спостережуваного шару робить необхідним використання каузального оператора пам'яті.

Виклад основного матеріалу дослідження. Рівноважна репрезентація ціни посідає центральне місце в економічній теорії, оскільки саме вона надала мову опису координації, відносних цін, ресурсного перерозподілу та наслідків зміни параметрів системи. У цьому сенсі рівноважний підхід не є хибним або застарілим; його сила полягає у здатності стисло описувати узгоджений стан системи та аналітичні переходи між станами [1; 2]. Однак така аналітична сила досягається ціною редукації: модель зберігає переконливість лише за умови, що вилучені з опису координати не мають самостійного значення для формування результату.

Для сучасного міжнародного фінансового ринку саме це припущення виявляється недостатнім. Поточне значення ціни не розкриває, яким шляхом ринок пройшов до спостережуваного результату, якою була структура доступної ліквідності, який порядок виконання ордерів і чи не залишилися поза спостереженням приховані координати, що продовжують впливати на подальшу динаміку. Саме тому рівноважна ціна не може автоматично трактуватися як повна статистика ринку.

Історичний перехід до мікроструктурного рівня аналізу був зумовлений не лише зміною теоретичної оптики, а й зміною самого рівня спостереження за ринком. Електронізація торгу зробила спостережуваними книгу заявок, глибину ринку, послідовність подання, виконання та скасування ордерів. Відтепер стало можливим спостерігати не лише те, що ціна змінилася, а й те, яким саме шляхом вона була сформована [3–8].

Унаслідок цього класичне співвідношення попиту і пропозиції не втратило значення, але перестало бути вичерпним описом ринкової динаміки. На мікроструктурному рівні попит і пропозиція постають не лише як агреговані сили узгодження, а як подієво організовані форми доступу до виконання: через ринкові та лімітні накази, черги, скасування, видиму і приховану ліквідність. Порівняльний зміст двох оптик узагальнено в табл. 1.

Як видно з табл. 1, мікроструктурний підхід не заперечує координаційну логіку класичної теорії, а переносить дослідження на той рівень, де ціна перестає бути абстрактним результатом і постає як змінна функція доступної ліквідності, черг та послідовності подій виконання.

Таблиця 1

**Рівноважна репрезентація та мікроструктурний механізм формування ціни:
порівняльний зміст**

Аналітичний вимір	Рівноважна репрезентація	Мікроструктурний процес
Статус ціни	Результат узгодженого стану	Видимий результат послідовності виконань
Одиниця аналізу	Агреговані функції та стани	Події, заявки, черги, виконання
Роль ліквідності	Імпліцитна або агрегована умова	Явна структура доступності та стійкості
Часова логіка	Переважно зовнішній індекс	Внутрішня координата формування ціни
Методологічна межа	Слабкий опис механізму виконання	Сильний опис середовища, але не повний опис прихованого стану

Джерело: сформовано авторами на основі [1–12]

У мікроструктурному підході сучасний ринок доцільно визначати як механізм виконання, що перетворює латентні економічні наміри на конкретні заявки, а заявки — на виконання, переміщення ліквідності та ціновий результат. Інституційною формою такого процесу є безперервний подвійний аукціон, у межах якого узгодження не виносяться за межі аналізу: наміри сторін подаються, ранжуються, частково виконуються, знімаються або залишаються в черзі.

Мінімальна граматики цього процесу складається з трьох базових типів подій: подання заявки, її виконання та її скасування. Саме через послідовність цих подій відбуваються накопичення, зменшення та перебудова локальної ліквідності. Отже, ціна змінюється не тому, що на ринку абстрактно з'являється новий попит або пропозиція, а тому, що конкретна послідовність подій змінює доступність ліквідності на окремих рівнях.

Звідси безпосередньо впливає центральне мікроструктурне розмежування між ініціативою та середовищем її проходження. Ініціативний потік ордерів виражає попит на негайне виконання, тоді як доступна ліквідність репрезентує пропозицію виконання за умови очікування. Сам по собі імпульс не дорівнює результату: однакове за величиною зусилля може пройти крізь тонку ліквідність і змістити ціну або бути поглинутим без стійкого переносу вартості.

Саме цю властивість доцільно формалізувати як нелінійну станозалежну відповідь ринку. У найзагальнішому вигляді поточний ціновий результат не є простою функцією ініціативного потоку, а залежить від конфігурації ліквідності, черги, скасування і режиму виконання. Аналітичний зміст цієї залежності виражено у формулі (1).

$$\Delta p_t = \mathcal{F}(I_t, L_t, Q_t, C_t, A_t),$$

$$\frac{\partial \Delta p_t}{\partial I_t} = \mathcal{G}(L_t, Q_t, C_t, A_t) \neq \text{const.} \quad (1)$$

У формулі (1) Δp_t позначає поточний ціновий результат, I_t – ініціативний потік ордерів, L_t – конфігурацію доступної ліквідності, Q_t – чергову структуру, C_t – інтенсивність скасування, A_t – режим виконання. Її методологічний сенс полягає в тому, що граничний ефект одного й того самого імпульсу не є сталим: він залежить від поточного стану середовища, через яке цей імпульс проходить. Саме тому мікроструктурна реакція є нелінійною і станозалежною.

Однак навіть такого розширення недостатньо. Сучасний ринок є лише частково спостережуваним: доступні дослідникові ціна, обсяг, дельта, локальний дисбаланс, конфігурація книги заявок і слід уже здійснених виконань не вичерпують усього релевантного стану. За межами безпосереднього спостереження залишаються латентна ліквідність, фактичний порядок доступу до черги, асинхронні реакції, прихований простір ліквідності та інші координати, що не зникають лише тому, що вони не спостерігаються напряму.

Для сучасного міжнародного фінансового ринку принципово важливо розрізнити ринок як повний мікроструктурний процес і ринок як його безпосередньо спостережуваний зріз. У першому випадку йдеться про весь набір координат, що визначають формування ціни в середовищі виконання; у другому – лише про ту частину цього набору, яка реально доступна дослідникові. Саме тому подальший аналіз доцільно починати з формального розмежування повного стану ринку та його редукованого спостережуваного шару. Це розмежування подано у формулі (2).

$$X_t = (p_t, \ell_t, q_t, z_t), \quad y_t = \Pi(X_t). \quad (2)$$

У формулі (2) величина X_t позначає повний мікроструктурний стан ринку в момент часу t . До його складу входять: p_t – поточний ціновий результат; ℓ_t – конфігурація доступної ліквідності; q_t – чергова структура доступу до виконання; z_t – приховані координати ринку, які не спостерігаються безпосередньо, але впливають на подальшу динаміку. Величина y_t позначає редукований спостережуваний стан ринку, тобто той шар ринку, який реально доступний дослідникові у вигляді поточної ціни, обсягу, локальних дисбалансів, параметрів книги заявок або інших фіксованих мікроструктурних ознак. Оператор $\Pi(\cdot)$ задає проєкцію повного стану X_t на спостережуваний простір y_t , тобто фіксує сам механізм редукції ринку до доступних для спостереження координат.

Методологічно важливо, що така проєкція не є взаємно однозначною. Один і той самий спостережуваний стан y_t може відповідати різним повним станам X_t , якщо за однакової поточної ціни чи подібної локальної конфігурації ринок досягнув цього результату різними траєкторіями, за різних умов ліквідності, черги та прихованих обмежень.

Отже, редукований спостережуваний стан не може автоматично вважатися повною статистикою подальшої динаміки: частина релевантного змісту залишається поза межами поточного спостереження і повертається в опис у вигляді історичної залежності. Саме з цього і впливає методологічна необхідність переходу від безпам'ятного опису до оператора пам'яті, здатного акумулювати каузально значущий слід попередніх подій. Узагальнення цього розрізнення подано в табл. 2.

Як видно з табл. 2, межа між спостережуваним і прихованим шарами не є суто технічним аспектом вимірювання. Вона визначає саму структуру теоретичної проблеми: поточний спостережуваний стан є інформативним, але не повним. Отже, майбутня динаміка не може в загальному випадку бути коректно виведена лише з поточного y_t без урахування історичного шляху, який привів систему до цього стану.

Саме в цій точці мікроструктурна проблематика природно переходить у проблему пам'яті. Якщо виключені координати не зникають, а лише вилучаються з безпосереднього спостереження, то редукований опис повинен бути сформований не через заперечення минулого, а через оператор, який акумулює його каузально значущу дію. Найбільш послідовне формальне вираження цієї логіки задає проєкційний формалізм Морі–Цванцига [13–15], у межах якого редукована динаміка набуває локального члена, інтегрального члена пам'яті та ортогонального залишку. Це відображено у формулі (3).

$$\dot{y}(t) = \Omega y(t) + \int_0^t K(t-\tau)y(\tau)d\tau + \xi(t). \quad (3)$$

Формула (3) показує, що після проєкції повної динаміки на обмежений набір спостережуваних координат еволюція редукованого стану в загальному випадку перестає бути локально марковською (тобто такою, у якій поточний стан повністю визначає подальшу динаміку без окремого врахування всієї попередньої траєкторії). Тут $\Omega y(t)$ репрезентує миттєву частину динаміки, $K(t-\tau)$ – каузальне ядро пам'яті, а $\xi(t)$ – залишок тих впливів прихованого шару, що не згортаються до простої детермінованої пам'яті. У контексті міжнародних фінансових ринків це означає,

Таблиця 2

Спостережуваний і прихований шари мікроструктурного стану ринку

Аналітичний шар	Що фіксується	Що лишається поза прямим спостереженням	Методологічний наслідок
Поточний спостережуваний шар	Ціна, обсяг, дельта, локальні ознаки книги	—	Дає доступ до редукованого стану
Прихований шар	—	Латентна ліквідність, доступ до черги, асинхронні реакції, інші координати	Поточне спостереження не вичерпує повного стану
Перехідний шар	Реакція ціни на імпульс	Мікроструктурна конфігурація, що зумовила реакцію	Потребує непрямого відновлення через історію подій

Джерело: сформовано авторами

що історія минулих подій не є зовнішнім доповненням до опису, а входить до структури самого поточного стану.

Для мікроструктурного процесу така пам'ять має бути подієвою і каузальною. В операційному дискретному записі вона може бути представлена як зважене накопичення минулих подій у межах скінченного горизонту впливу, що задається ядром згасання. Найзагальніший вигляд такого оператора подано у формулі (4).

$$H_t = \sum_{k=1}^L K(k) e_{t-k},$$

$$K(k) > 0, K(k+1) \leq K(k). \quad (4)$$

У формулі (4) H_t позначає інтегральну пам'ять редукованого шару, e_{t-k} – подієві впливи минулого, $K(k)$ – каузальне ядро згасання, а L – операційний горизонт впливу. Саме цей запис принципово відрізняє пам'ять від простого «додавання лагів»: центральним є не кількість лагів, а закон спадання історичної значущості. Для фінансової мікроструктури, у якій імпульс проходить крізь книгу заявок, а його вплив не вичерпується моментом виникнення й розподіляється в часі, оператор пам'яті є не зовнішнім доповненням до моделі, а необхідною формою опису самої ринкової динаміки.

Однак сама формула (4) ще не задає достатньо строгої специфікації оператора пам'яті. Щоб інтегральна пам'ять могла виконувати функцію коректного опису редукованого стану, ядро $K(k)$ повинно задовольняти щонайменше чотири вимоги: каузальність, додатність, монотонне спадання та внутрішнє нормування на вибраному горизонті L . У дискретному записі ці вимоги набувають вигляду умов, поданих у формулі (5).

$$K(k) > 0, K(k+1) \leq K(k),$$

$$\sum_{k=1}^L K(k) = 1. \quad (5)$$

Умови формули (5) мають не технічний, а змістовий характер. Каузальність означає, що поточний стан не може залежати від майбутніх подій; додатність – що кожна минула подія входить до пам'яті як внесок, а не як довільний знак; монотонність – що віддаленіші події не можуть мати більшої ваги, ніж ближчі; нормування – що предметом аналізу є не абсолютний масштаб оператора, а закон розподілу значущості між близьким і далеким минулим. Саме тому пам'ять у мікроструктурі не дорівнює простому набору лагів: вона є

законом каузального згасання історичного впливу.

Для сучасних міжнародних фінансових ринків, де потік ордерів, ціновий імпульс і ліквідність демонструють багатомасштабну релаксацію, найбільш природною специфікацією є степеневе ядро згасання. Воно відображає ситуацію, в якій близькі події мають найбільшу вагу, але віддалені впливи не зникають миттєво, а зберігають довгострокову дію. У дискретному операційному вигляді така специфікація може бути подана формулою (6).

$$K(k; \nu) = \frac{k^{-\nu}}{\sum_{j=1}^L j^{-\nu}}, \quad \nu > 0. \quad (6)$$

У формулі (6) параметр ν задає темп згасання історичної значущості: менші значення відповідають повільнішому спаданню й довшому активному хвосту минулого, більші – швидшому забуванню. У цьому випадку e_{t-k} може інтерпретуватися як подієвий вплив вибраного мікроструктурного шару – ціновий імпульс, дельтовий дисбаланс, кластерний відбиток або інший елементарний внесок, релевантний для редукованого опису. Тоді оператор пам'яті не просто накопичує історію, а впорядковує її відповідно до закону каузального ослаблення.

Разом формули (4)–(6) задають алгоритм опису пам'яті для редукованого мікроструктурного процесу: спочатку ідентифікується подія та її економічно змістовний вплив, далі задається ядро згасання на операційному горизонті, після чого історія подій згортається в інтегральну величину, що репрезентує поточний історично навантажений стан. У такій формі пам'ять є не побічним статистичним ефектом ряду, а операційною формою присутності минулого у поточному стані ринку.

Таким чином, проведений аналіз послідовно підводить до висновку, що сучасний міжнародний фінансовий ринок не може бути адекватно описаний лише через поточний спостережуваний стан. Межі рівноважної репрезентації ціни, мікроструктурний характер її формування, нелінійність взаємодії ініціативного потоку ордерів і ліквідності, а також те, що спостережуваний шар є лише редукованою проєкцією ширшого ринкового стану, створюють теоретичні підстави для переходу до пам'яттєвого опису ринкової динаміки.

Висновки. У статті доведено, що сучасний міжнародний фінансовий ринок не може бути адекватно описаний лише через поточний

спостережуваний стан. Рівноважна репрезентація ціни зберігає значення як мова координації, однак виявляється недостатньою для опису процесуального механізму виконання, через який латентні наміри перетворюються на конкретні ціни та обсяги.

Показано, що мікроструктурний підхід переводить аналіз ціни з площини результату в площину процесу: ціна формується в середовищі безперервного подвійного аукціону через взаємодію подій, черг, ліквідності та впливу потоку ордерів на ціну. Встановлено, що реакція ринку на ініціативний потік ордерів має нелінійний і станозалежний характер, а тому не може бути коректно описана як порційна функція поточного імпульсу.

Обґрунтовано, що спостережуваний ринковий стан є лише редукованою проекцією

ширшого простору координат, частина яких залишається поза межами прямого спостереження. Унаслідок цього безпам'ятний опис міжнародних фінансових ринків є методологічно недостатнім. Після редукції повного стану ринку вплив виключених координат повертається у вигляді історичної залежності, тобто у формі каузального оператора пам'яті.

Отже, головний науковий висновок полягає в тому, що інтегральна пам'ять не є довільним ускладненням моделі, а є необхідною формою опису редукованого спостережуваного стану сучасного ринку. Подальші дослідження доцільно спрямувати на формалізацію подієвого оператора пам'яті, вибір закону згасання історичного впливу та побудову метрики інерційного стану міжнародних фінансових ринків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Walras L. *Éléments d'économie politique pure, ou Théorie de la richesse sociale*. Lausanne: L. Corbaz, 1874–1877. 2 vols.
2. Arrow K. J., Debreu G. Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica*. 1954. Vol. 22, No. 3. P. 265–290. DOI: 10.2307/1907353.
3. O'Hara M. *Market Microstructure Theory*. Cambridge, MA: Blackwell Business, 1995. 304 p.
4. Madhavan A. Market Microstructure: A Survey. *Journal of Financial Markets*. 2000. Vol. 3, No. 3. P. 205–258. DOI: 10.1016/S1386-4181(00)00007-0.
5. Hasbrouck J. *Empirical Market Microstructure: The Institutions, Economics, and Econometrics of Securities Trading*. New York: Oxford University Press, 2007. 208 p.
6. Biais B., Glosten L., Spatt C. Market Microstructure: A Survey of Microfoundations, Empirical Results, and Policy Implications. *Journal of Financial Markets*. 2005. Vol. 8, No. 2. P. 217–264. DOI: 10.1016/j.finmar.2004.11.001
7. Cont R., Stoikov S., Talreja R. A Stochastic Model for Order Book Dynamics. *Operations Research*. 2010. Vol. 58, No. 3. P. 549–563. DOI: 10.1287/opre.1090.0780.
8. Gould M. D., Porter M. A., Williams S., McDonald M., Fenn D. J., Howison S. D. Limit Order Books. *Quantitative Finance*. 2013. Vol. 13, No. 11. P. 1709–1742. DOI: 10.1080/14697688.2013.803148.
9. Bouchaud J.-P., Farmer J. D., Lillo F. How Markets Slowly Digest Changes in Supply and Demand. In: *Handbook of Financial Markets: Dynamics and Evolution* / eds. T. Hens, K. Schenk-Hoppé. Amsterdam: Elsevier, 2009. P. 57–160. DOI: 10.1016/B978-012374258-2.50006-3.
10. Lillo F., Mike S., Farmer J. D. Theory for Long Memory in Supply and Demand. *Physical Review E*. 2005. Vol. 71. Art. 066122. DOI: 10.1103/PhysRevE.71.066122.
11. Gatheral J. No-Dynamic-Arbitrage and Market Impact. *Quantitative Finance*. 2010. Vol. 10, No. 7. P. 749–759. DOI: 10.1080/14697680903373692.
12. Bacry E., Mastromatteo I., Muzy J.-F. Hawkes Processes in Finance. *Market Microstructure and Liquidity*. 2015. Vol. 1, No. 1. Art. 1550005. DOI: 10.1142/S2382626615500057.
13. Mori H. Transport, Collective Motion, and Brownian Motion. *Progress of Theoretical Physics*. 1965. Vol. 33, No. 3. P. 423–455. DOI: 10.1143/PTP.33.423.
14. Zwanzig R. Memory Effects in Irreversible Thermodynamics. *Physical Review*. 1961. Vol. 124, No. 4. P. 983–992. DOI: 10.1103/PhysRev.124.983.
15. Grabert H. *Projection Operator Techniques in Nonequilibrium Statistical Mechanics*. Berlin; Heidelberg: Springer, 1982. 166 p. DOI: 10.1007/BFb0044591.
16. Lyons R. K. *The Microstructure Approach to Exchange Rates*. Cambridge, MA: MIT Press, 2001. 346 p.
17. Menkveld A. J. High-Frequency Trading and the New-Market Makers. *Journal of Financial Markets*. 2013. Vol. 16, No. 4. P. 712–740. DOI: 10.1016/j.finmar.2013.06.006.

18. Любкіна О., Ігнатюк В. Трансакційні витрати торгівлі на організованих фондових ринках: структура та наслідки для ефективності ринку. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2023. Т. 320, № 4. С. 60–71. DOI: 10.31891/2307-5740-2023-320-4-9.

19. Алексеєнко Л. Трансакційні витрати ринкового впливу торгівлі акціями: діджитал технології маневрування. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2023. № 3. С. 279–284. DOI: 10.36887/2415-8453-2023-3-42.

20. Борзенко О. О., Редзюк Є. В. Перспективні напрями розвитку фондового ринку України з урахуванням сучасних тенденцій. *Фінанси України*. 2023. № 3. С. 44–54. DOI: 10.33763/finukr2023.03.044.

21. Шулик Ю. В. Стан та перспективи розвитку фондового ринку України. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»*. 2024. № 33(61). С. 69–80. DOI: 10.25264/2311-5149-2024-33(61)-69-80.

REFERENCES:

1. Walras, L. (1874–1877). *Éléments d'économie politique pure, ou Théorie de la richesse sociale*. Lausanne: L. Corbaz.

2. Arrow, K. J., & Debreu, G. (1954). Existence of an equilibrium for a competitive economy. *Econometrica*, 22(3), 265–290. DOI: 10.2307/1907353.

3. O'Hara, M. (1995). *Market Microstructure Theory*. Cambridge, MA: Blackwell Business.

4. Madhavan, A. (2000). Market microstructure: A survey. *Journal of Financial Markets*, 3(3), 205–258. DOI: 10.1016/S1386-4181(00)00007-0.

5. Hasbrouck, J. (2007). *Empirical Market Microstructure: The Institutions, Economics, and Econometrics of Securities Trading*. New York: Oxford University Press.

6. Biais, B., Glosten, L., & Spatt, C. (2005). Market microstructure: A survey of microfoundations, empirical results, and policy implications. *Journal of Financial Markets*, 8(2), 217–264. DOI: 10.1016/j.finmar.2004.11.001

7. Cont, R., Stoikov, S., & Talreja, R. (2010). A stochastic model for order book dynamics. *Operations Research*, 58(3), 549–563. DOI: 10.1287/opre.1090.0780.

8. Gould, M. D., Porter, M. A., Williams, S., McDonald, M., Fenn, D. J., & Howison, S. D. (2013). Limit order books. *Quantitative Finance*, 13(11), 1709–1742. DOI: 10.1080/14697688.2013.803148.

9. Bouchaud, J.-P., Farmer, J. D., & Lillo, F. (2009). How markets slowly digest changes in supply and demand. In T. Hens & K. Schenk-Hoppé (Eds.), *Handbook of Financial Markets: Dynamics and Evolution* (pp. 57–160). Amsterdam: Elsevier. DOI: 10.1016/B978-012374258-2.50006-3.

10. Lillo, F., Mike, S., & Farmer, J. D. (2005). Theory for long memory in supply and demand. *Physical Review E*, 71, 066122. DOI: 10.1103/PhysRevE.71.066122.

11. Gatheral, J. (2010). No-dynamic-arbitrage and market impact. *Quantitative Finance*, 10(7), 749–759. DOI: 10.1080/14697680903373692.

12. Bacry, E., Mastromatteo, I., & Muzy, J.-F. (2015). Hawkes processes in finance. *Market Microstructure and Liquidity*, 1(1), 1550005. DOI: 10.1142/S2382626615500057.

13. Mori, H. (1965). Transport, collective motion, and Brownian motion. *Progress of Theoretical Physics*, 33(3), 423–455. DOI: 10.1143/PTP.33.423.

14. Zwanzig, R. (1961). Memory effects in irreversible thermodynamics. *Physical Review*, 124(4), 983–992. DOI: 10.1103/PhysRev.124.983.

15. Grabert, H. (1982). *Projection Operator Techniques in Nonequilibrium Statistical Mechanics*. Berlin; Heidelberg: Springer. DOI: 10.1007/BFb0044591.

16. Lyons, R. K. (2001). *The Microstructure Approach to Exchange Rates*. Cambridge, MA: MIT Press.

17. Menkveld, A. J. (2013). High-frequency trading and the new-market makers. *Journal of Financial Markets*, 16(4), 712–740. DOI: 10.1016/j.finmar.2013.06.006.

18. Liubkina, O., & Ihnatiuk, V. (2023). Transaktsiini vytraty torhivli na orhanizovanykh fondovykh rynkakh: struktura ta naslidky dlia efektyvnosti rynku [Transaction costs of trading in organized stock markets: Structure and implications for market efficiency]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky*, 320(4), 60–71. DOI: 10.31891/2307-5740-2023-320-4-9. (in Ukrainian)

19. Alekseienco, L. (2023). Transaktsiini vytraty rynkovoho vplyvu torhivli aktsiiamy: didzhytal tekhnolohii manevruvannia [Transaction costs of the market impact of share trading: Digital manoeuvring technologies]. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky ta tekhniky*, 3, 279–284. DOI: 10.36887/2415-8453-2023-3-42. (in Ukrainian)

20. Borzenko, O. O., & Redziuk, Ye. V. (2023). Perspektyvni napriamy rozvytku fondovoho rynku Ukrainy z urakhuvanniam suchasnykh tendentsii [Prospective directions of development of the stock market of Ukraine taking into account modern trends]. *Finansy Ukrainy*, 3, 44–54. DOI: 10.33763/finukr2023.03.044. (in Ukrainian)

21. Shulyk, Yu. V. (2024). Stan ta perspektyvy rozvytku fondovoho rynku Ukrainy [State and prospects for the development of the stock market in Ukraine]. *Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu "Ostrozka akademiia". Seriia "Ekonomika"*, 33(61), 69–80. DOI: 10.25264/2311-5149-2024-33(61)-69-80. (in Ukrainian)

Дата надходження статті: 15.04.2026

Дата прийняття статті: 06.05.2026

Дата публікації статті: 12.05.2026