

# ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВАЛЮТНОГО РИНКУ ЗА ДОПОМОГОЮ МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКА ХЕРСТА

© 2015 КРАВЕЦЬ Т. В., ГАПОНЕНКО Т. О.

УДК 330.101.52: 336.76

**Кравець Т. В., Гапоненко Т. О. Фрактальний аналіз валютного ринку за допомогою моніторингу показника Херста**

У статті проведено аналіз поведінки валютних котирувань на валютному ринку за допомогою визначення динамічних змін у часі показника Херста, як одного з інструментів фрактального аналізу, в рамках гіпотези фрактального ринку. Здійснено розрахунки показника Херста за ско-ригованими формулами R/S-аналізу для 17 основних валютних пар за цінами закриття та за цінами максимум-мінімум. Проведено зіставлення результатів за часовий проміжок 2008–2014 рр., що дозволяє порівняти значення показника на валютних ринках різних країн у різних економічних умовах. Показник Херста валютних пар при стабільній економічній ситуації має тенденцію до збереження свого середнього значення, при цьому він є індикатором подій, що прямо або опосередковано впливають на економіку держави та курс її національної валюти. Застосування методу «рухомого вікна» дозволило змодельувати динаміку показника Херста для валютних пар USD/JPY, GBP/JPY, EUR/USD, GBP/USD та встановити певні закономірності поведінки рядів котирувань, зумовлені відповідною реакцією на економічні, політичні та природні збурення.

**Ключові слова:** фрактальний аналіз, курси валют, криза, коефіцієнт Херста.

**Рис.:** 4. **Формул:** 3. **Бібл.:** 18.

**Кравець Тетяна Вікторівна** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики, Київський національний університет ім. Т. Шевченка (вул. Володимирська, 60, Київ, 01601, Україна)

**E-mail:** tankravets@univ.kiev.ua

**Гапоненко Тетяна Олександрівна** – студентка, Київський національний університет ім. Т. Шевченка (вул. Володимирська, 60, Київ, 01601, Україна)

**E-mail:** tetyana\_gaponenko@outlook.com

УДК 330.101.52: 336.76

UDC 330.101.52: 336.76

**Кравець Т. В., Гапоненко Т. А. Фрактальний аналіз валютного ринку за допомогою моніторингу показателя Херста**

В статье проведен анализ поведения валютных котировок на валютном рынке с помощью определения динамических изменений во времени показателя Херста, как одного из инструментов фрактального анализа, в рамках гипотезы фрактального рынка. Осуществлены расчеты показателя Херста по скорректированным формулам R/S-анализа для 17 основных валютных пар по ценам закрытия и по ценам максимум-минимум. Проведено сопоставление результатов на временном интервале 2008–2014 гг., что позволяет сравнить значение показателя на валютных рынках разных стран в различных экономических условиях. Показатель Херста валютных пар при стабильной экономической ситуации имеет тенденцию к сохранению своего среднего значения, при этом он является индикатором событий, которые прямо или косвенно влияют на экономику государства и курс ее национальной валюты. Применение метода «скользящего окна» позволило смоделировать динамику показателя Херста для валютных пар USD/JPY, GBP/JPY, EUR/USD, GBP/USD и установить определенные закономерности поведения рядов котирувок, обусловленные соответствующей реакцией на экономические, политические и природные возмущения.

**Ключевые слова:** фрактальный анализ, курсы валют, кризис, коэффициент Херста.

**Рис.:** 4. **Формул:** 3. **Библ.:** 18.

**Кравець Тетяна Вікторівна** – кандидат фізико-математических наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики, Київський національний університет ім. Т. Шевченка (вул. Владимирская, 60, Киев, 01601, Украина)

**E-mail:** tankravets@univ.kiev.ua

**Гапоненко Тетяна Александровна** – студентка, Киевский национальный университет им. Т. Шевченко (ул. Владимирская, 60, Киев, 01601, Украина)

**E-mail:** tetyana\_gaponenko@outlook.com

**Kravets T. V., Gaponenko T. O. Fractal Analysis of Foreign Exchange Market by Means of Monitoring the Hurst Exponent**

The article analyzes the behavior of currency quotations at the foreign exchange market by identifying dynamic changes in time, in terms of the Hurst exponent, as a tool of fractal analysis, belonging to the fractal market hypothesis. Calculations of Hurst exponent by the adjusted formulas of the R/S analysis for 17 major currency pairs at the closing prices as well as the prices of maximum/minimum have been carried out. A comparison of the results within the timespan of 2008–2014 has been conducted, providing for comparing the exponent value at the foreign exchange markets of different countries under different economic conditions. The Hurst exponent of currency pairs in terms of the stable economic situation tends to preserve its average value, further on, it indicates the events that directly or indirectly affect the State's economy and its national currency exchange rate. Application of the method of «sliding window» has allowed to simulate the dynamics of the Hurst exponent for the following currency pairs: USD/JPY, GBP/JPY, EUR/USD, GBP/USD and to set certain patterns of conduct for the quotes series resulting from the appropriate response to the economic, political and natural disturbances.

**Key words:** fractal analysis, foreign exchange rates, crisis, Hurst exponent.

**Pic.:** 4. **Formulae:** 3. **Bibl.:** 18.

**Kravets Tetyana V.** – Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics, Kyiv National University named after T. Shevchenko (vul. Volodymyrska, 60, Kyiv, 01601, Ukraine)

**E-mail:** tankravets@univ.kiev.ua

**Gaponenko Tetyana O.** – Student, Kyiv National University named after T. Shevchenko (vul. Volodymyrska, 60, Kyiv, 01601, Ukraine)

**E-mail:** tetyana\_gaponenko@outlook.com

Перехід української економіки до ринкових відносин, створення сучасної інфраструктури, еволюція форм власності та зростання самостійності учасників ринкових відносин неминуче приводить до потреби постійного відстеження тенденцій та виявлення особливостей функціонування фінансово-валютної системи нашої держави. Валютний ринок, як один з головних елементів системи, в останні десятиліт-

тя характеризується посиленням процесів глобалізації та трансформації.

У зв'язку з тим, що міжнародні економічні відносини породжують відповідні грошові вимоги та зобов'язання сторін, необхідною умовою їх урегулювання є використання національної валюти тієї чи іншої країни, оскільки єдиного універсального світового платіжного засобу поки що не існує. Це зумовлює потребу обміну

однієї валюти на іншу у формі купівлі-продажу іноземної валюти платником або одержувачем коштів при здійсненні міжнародних операцій. Саме міжнародний платіжний оборот, пов'язаний з оплатою грошових вимог і зобов'язань юридичних і фізичних осіб різних країн, обслуговується валютним ринком, визначаючи його об'єктивну необхідність.

Особливостями сучасних валютних ринків є їхня інтернаціоналізація, глобалізація, уніфікація та автоматизація засобів зв'язку при здійсненні валютних операцій. При цьому спостерігається нестабільність валютних курсів. Передбачення майбутньої поведінки валютних курсів є дуже важливим, оскільки дозволяє зменшити валютні ризики та забезпечити підвищення ефективності різноманітних рішень у галузі міжнародного фінансового менеджменту.

Метою роботи є дослідження поведінки курсів валютних пар за допомогою моніторингу показника Херста, як одного з інструментів фрактального аналізу, у рамках гіпотези фрактального ринку.

Протягом останніх трьох десятиліть теорія ефективного ринку була найзнаменитішою теорією фінансових ринків. У своїй постановці ця теорія стверджує, що зміни цін на активи відображають повною мірою та миттєво вивільнення нової важливої інформації. Крім того, через такий потік інформації, що не може бути передбачений між поточним періодом торгів і наступним, зміни цін на активи є серійно незалежними. Іншими словами, вивільнення непередбачуваної інформації рухає ціни на активи у випадковому порядку, а коливання цін підпорядковуються нормальному закону розподілу [1–7].

Гіпотеза ефективного ринку (*Efficient Market Hypothesis – ЕМН*), як і всі інші економічні концепції, заснована на лінійній парадигмі, відповідно до якої кожна економічна дія (подія) викликає лінійну пропорційну реакцію, тобто утворюються певні причинно-наслідкові зв'язки. Проте економічна теорія, заснована на принципах рівноваги, не могла пояснити багато складних фінансових явищ. Був потрібний революційний переворот, уведення в аналіз нелінійності.

На основі нелінійної парадигми з'явилася і розвивається гіпотеза фрактального ринку (*Fractal Market Hypothesis – FMH*), згідно з якою певна дія (або подія) викликає нелінійну реакцію, тобто виникає експоненційна, несподівана, надзвичайно сильна і ніким не очікувана реакція. На відміну від гіпотези ефективного ринку гіпотеза фрактального ринку говорить, що інформація оцінюється залежно від інвестиційного горизонту інвестора. Оскільки різні інвестиційні горизонти оцінюють інформацію по-різному, розповсюдження інформації також буде нерівномірним. У будь-який конкретний момент часу ціни не можуть відобразити всю інформацію, що існує, вони можуть відобразити лише ту її частину, що важлива для цього інвестиційного горизонту. FMH допускає, що хаотичний режим має місце тоді, коли інвестори гублять віру в довгострокову фундаментальну інформацію [1–5].

У роботах Е. Петерса, Б. Мандельброта [1, 2, 3] наведено результати дослідження валютних і фондових ринків, які говорять про те, що розподіл змін цін є фрактальним розподілом Парето. Цей розподіл має властивість статистичної самоподібності у часі (наявність довгої пам'яті). Крім того, було доведено, що фінансові ринки є нелінійними динамічними системами, що відкрило широкі можливості для дослідження фінансових ринків методами теорії динамічних систем і детермінованого хаосу [5].

Існує кілька альтернативних підходів до оцінки фрактальної структури часового ряду: *R/S*-аналіз; метод, заснований на визначенні клітинної розмірності; стандартний аналіз флуктуацій; аналіз детрендових флуктуацій (АДФ); мультифрактальний АДФ. Опис і практичне застосування цих методів можна знайти у роботах [3, 5–14]. Так, наприклад, за допомогою *R/S*-аналізу у [6] оцінювався показник Херста та доводилося, що гіпотеза FMH може бути «розумним» узагальненням гіпотези ефективного ринку. У [10] автори провели емпіричне дослідження масштабування і мультифрактальних властивостей дохідностей валютної пари USD-DEM.

Мультифрактальні спектри сингулярностей для різних валютних пар вивчалися в [8, 11–14]. Застосування різних підходів до оцінки фрактальних показників часових рядів підтверджує гіпотезу FMH і дозволяє узагальнити її до мультифрактальної гіпотези ринку (MFMH). У [7, 13, 15] доведено, що зміна фрактальних властивостей дохідностей валютних курсів є індикатором валютної кризи.

**Методи дослідження.** Метод *R/S*-аналізу дослідження фрактальних часових рядів був запропонований Б. Мандельбротом [3] і базується на дослідженнях, проведених англійським дослідником Г. Херстом. Він ґрунтується на аналізі розмаху накопиченого відхилення ряду спостережень та середньоквадратичного відхилення. Херст запропонував нову статистику – показник Херста, який має широке застосування в аналізі часових рядів завдяки своїй стійкості. При його обчисленні необхідні мінімальні припущення щодо системи, яка вивчається, та на його основі можна класифікувати часові ряди за типом і глибиною пам'яті. Він може відрізнити випадковий ряд від не випадкового, навіть якщо випадковий ряд має негаусовий розподіл [7].

Розрахунок показника Херста можна провести за такою формулою:  $R/S = (aN)^H$ , звідки  $H = \frac{\log(R/S)}{\log(aN)}$ ,

де  $H$  – показник Херста;  $S$  – середньоквадратичне відхилення ряду спостережень;  $R$  – розмах накопиченого відхилення;  $N$  – число періодів спостереження;  $a$  – задана константа, додатне число [7, 9].

Розмах накопиченого відхилення  $R$  є найбільш важливим елементом формули розрахунку показника Херста:

$$R = \max_{1 \leq u \leq N} (Z_u) - \min_{1 \leq u \leq N} (Z_u),$$

де  $Z_u$  – накопичене відхилення ряду  $x$  від середнього  $X_{cp}$ , тобто  $Z_u = \sum_1^u (x_i - X_{cp})$ . З формули розрахунку по-

казника Херста видно, що на його зростання впливають збільшення розмаху, зменшення середньоквадратичного відхилення та зменшення кількості спостережень.

Для подальших розрахунків використовується

$a = \frac{\pi}{2} \approx 1,5708$ , бо вибір іншої константи для розрахунку показника Херста значно завищить його значення. Це призведе до хибних висновків про персистентність (трендовість) випадкових рядів [9].

При незначній кількості спостережень фактичні розрахунки нормованого розмаху  $R/S$  випадкових рядів дають значно занижені результати у порівнянні з теоретичним  $R/S = \sqrt{\frac{N\pi}{2}}$ . Дана невідповідність призводить

до меншого значення показника Херста при невеликій кількості спостережень  $N$  (до 250). Щоб виключити цю невідповідність, необхідно фактично розраховані значення нормованого розмаху перетворити за допомогою такої формули [9]:

$$R/S_T = R/S \cdot 0,998752 + 1,051037.$$

Однак через особливість логарифмічних розрахунків показника Херста скориговане значення нормованого розмаху також буде містити незначну помилку. Ґрунтуючись на кореляції між кількістю спостережень і відношенням стандартного та фактичного показника Херста, необхідно скоригувати формулу розрахунку показника Херста таким чином, щоб його значення було максимально наближеним до стандартного для випадкових рядів ( $H = 0,5$ ) для всіх  $N$ . Кінцева формула буде такою [9]:

$$H_T = \frac{\log(R/S_T)}{\log(\pi \cdot N/2)} \cdot (-0,0011 \cdot \ln(N) + 1,0136).$$

Отже, показник Херста вище 0,5 підтверджує наявність довгострокової пам'яті ринку: теперішнє залежить від минулого, а майбутнє – від теперішнього.

В економічній літературі зазвичай дається рекомендація розраховувати накопичений розмах за цінами закриття. Проте для практичної ринкової торгівлі важливі також мінімальні та максимальні ціни всередині заданого інтервалу. Для розрахунку показника Херста за цінами максимуму-мінімуму використовуємо таку формулу[9]:

$$H_M = \frac{\log(R/S_T)}{\log(\pi \cdot (N-1)/2)} \cdot (-0,0011 \cdot \ln(N-1) + 1,0136).$$

Перевірку гіпотези про ринок на основі показника Херста можна зробити, якщо перемішати дані. Якщо результат розрахунків за випадковим чином перемішаними даними дадуть показник Херста, близький до 0,5 і при цьому буде відрізнятися від фактичних розрахунків, то це говорить про те, що ряд даних не є броунівським рухом.

**Результати досліджень.** У ході досліджень було розраховано показник Херста за скоригованими формулами для 17 основних валютних пар за річними даними у межах 2008–2014 років. На *рис. 1* представлено динаміку зміни показника Херста, який розраховувався за цінами закриття для різних валютних пар.

Зауважимо, що значення показника Херста перевищують 0,68, тобто ряди є персистентними (трендостійкими). При цьому спостерігається тенденція зміни глибини довготривалої пам'яті для різних періодів. Більшість пар характеризується в середньому збільшенням ступеня персистентності протягом періоду 2008–2014 років, що означає стабілізацію економічної ситуації у світі, подолання наслідків світової економічної кризи. Для європейських валют спостерігається зниження показника Херста у 2012 р., що пов'язано з європейською економічною кризою.

Проте для деяких валютних пар, насамперед USD/JPY, USD/CAD, GBP/JPY, динаміка показника Херста характеризується значними коливаннями впродовж усього досліджуваного періоду.

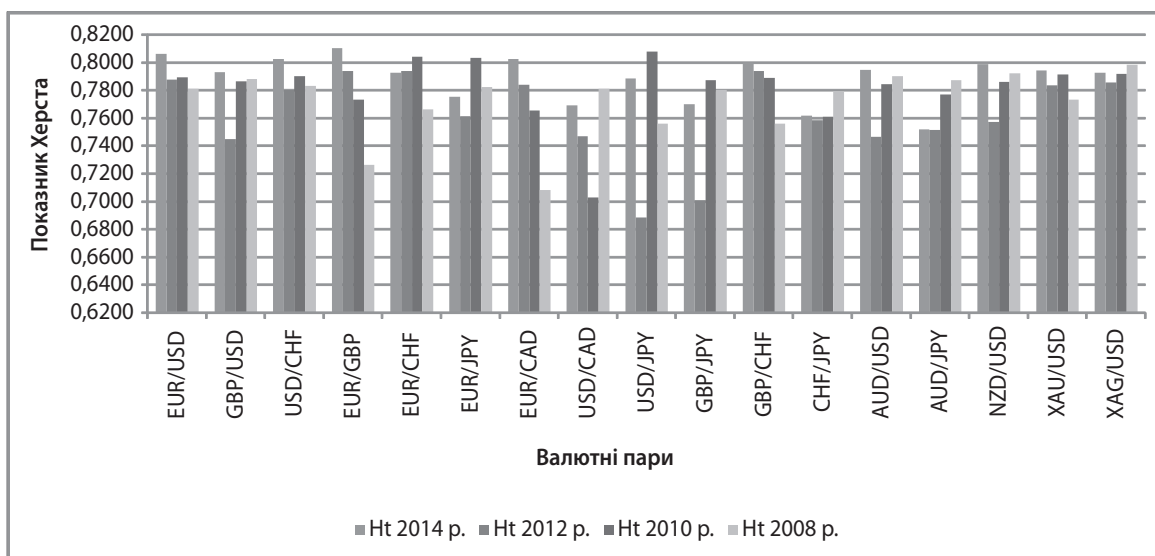


Рис. 1. Динаміка показника Херста, обчисленого за цінами закриття

Джерело: власні розрахунки авторів.



Валютні пари EUR/USD, GBP/USD, USD/CHF, USD/JPY є високоліквідними фінансовими інструментами, які характеризуються значною волатильністю і, відповідно, мають великий потенціал для отримання прибутку. Найбільш популярною є EUR/USD [16]. Курс євро сильно залежить від процентних ставок, економічної ситуації в Єврозоні, політики центральних банків США і Євросоюзу та, загалом, політичної стабільності у світі [16, 17].

Валютна пара GBP/USD – одна з найбільш рухливих і агресивних валютних пар. Динаміка цієї валютної пари багато в чому повторює тенденцію зміни валютної пари EUR/USD. Слід також зазначити, що зростання курсів англійського фунта стерлінгів і євро часто приводить до зниження тренда валютної пари GBP/USD. Фунт залежить від вартості енергоресурсів і цін на нафту: якщо вони ростуть, фунт знецінюється.

Особливістю валютної пари USD/CHF є більша залежність її зміни від інформації щодо економічного стану США, ніж Швейцарії. Цікавою особливістю даної валютної пари є те, що вона є орієнтиром для зміни на пряму інших валютних пар. Так, при тенденції зростання долара США щодо швейцарського франка спостерігається тенденція ослаблення інших валют щодо долара США. Особливо це стосується валютних пар USD/CAD, AUD/USD [16].

Японська єна – одна з резервних валют світу, інструмент міжнародних розрахунків країни з найбільш низькими короткостроковими процентними ставками. Серед факторів, що впливають на зміну динаміки валютної пари USD/JPY, можна виділити рівень процентних ставок у США та Японії й залежність Японії від експорту. Проведення Центральним банком Японії валютної інтервенції часто призводить до великих стрибків валютних курсів на валютному ринку. Слід зазначити, що японська єна має зворотне котирування. Також існує вагомий взаємозв'язок між валютними парами USD/JPY, EUR/JPY і CHF/JPY. Оскільки основна частина фон-

дів Японії вкладена в європейські активи, зміна курсу валютної пари EUR/JPY великою мірою залежить і від рівня процентних ставок Єврозони і Японії. Крім цього, динаміка зміни валютної пари USD/JPY сильно залежить і від динаміки валютної пари CHF/JPY [16].

Валютні пари AUD/USD і NZD/USD належать до так званих екзотичних валютних пар. Визначальними факторами, що впливають на зміну динаміки даних валютних пар, є зміна світових цін на метали й сировину для виготовлення сільськогосподарських товарів. Унікальність даних валютних пар також полягає в тому, що вони залежать від прогнозу погоди. Погодні умови безпосередньо впливають на вартість національних валют цих двох країн, оскільки основним джерелом їхнього доходу є сировина й сільськогосподарські товари. Пари мають однакові особливості поведінки валютних трендів і зворотне котирування.

Валютна пара USD/CAD багато в чому повторює динаміку пари AUD/USD. Оскільки сировина займає більшу частину експорту Канади, то їх долар посилюватиметься або слабшатиме залежно від цін на експортовану сировину. Як правило, долари США та Канади рухаються в одному напрямку, тому що велика частина експорту Канади припадає на США.

На рис. 2 представлено динаміку зміни показника Херста, який розраховувався за цінами максимуму-мінімуму, для різних валютних пар.

Порівняння одержаних результатів (рис. 1, рис. 2) дозволяють зробити висновок про схожість діаграм та підвищення значень показника Херста, розрахованого за максимумами-мінімумами цін, порівняно з показником Херста за цінами закриття. Обчислення середніх значень показників по рокам дає ідентичні картини зі зсувом на 0,1.

Для подальшого дослідження розглянемо пари з найбільш яскраво вираженим перепадом показника Хер-

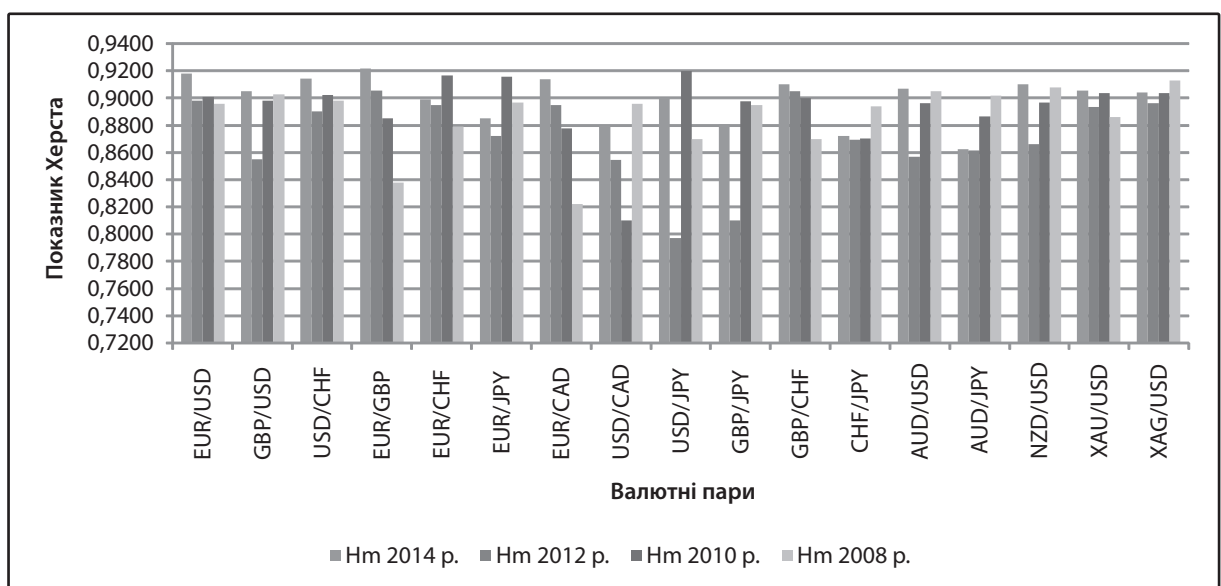


Рис. 2. Динаміка показника Херста, розрахованого за цінами максимуму-мінімуму

Джерело: власні розрахунки авторів.

ста: USD/JPY та GBP/JPY. За допомогою метода рухомого вікна змодельовано динаміку зміни показника Херста для цих пар на часовому проміжку 2009–2014 рр. (рис. 3). Спостерігається очікувана узгодженість поведінки цих пар, зумовлена присутністю єни та взаємопов'язаністю економік США та Британії як розвинутих країн, членів великої сімки.

Графіки на рис. 3 мають характерні прояви циклічності та періодичні падіння показника Херста на відносно незначний відрізок часу. Розглянемо більш детально динаміку показника Херста пари USD/JPY, бо вона належить до найбільш впливових на валютному ринку.

Перший спад показника Херста, а отже і послаблення трендовості, можна спостерігати влітку 2010 р. Він є наслідком світової валютної кризи 2008 р. Подіями, що викликали зменшення ступеня передбачуваності на цьому ринку валюти, була активна компанія боротьби за збереження економік держав. Саме у 2010 р. влада Японії виділила 1 трильйон єн на формування резерву для боротьби з кризою і відновлення регіонів, а влітку 2010 р. була прийнята «Стратегія нового зростання» і проведено суттєве реформування економіки країни висхідного сонця. Великий приток коштів у поєднанні з нестабільністю економічної ситуації призвели до падіння показника Херста, зниження трендостійкості [18].

Наступний «провал» показника Херста (серпень – жовтень 2011 р.) повністю збігається з державними інтервенціями Японії, а саме: вивільненням великих сум грошових коштів на зниження курсу єни; продажів національної валюти і купівлі іноземної. Причина цих подій – зацікавленість Японії після аварії на Фукусімі у відновленні економіки. Також на цей період припадає європейська фінансова криза і нестабільність на фондових і валютних ринках. Ситуація зменшення показника Херста в січні 2013 р. пов'язана з програмою стимулювання економіки Японії після приходу до влади нового прем'єра.

Наступні два спади відбулися в такий спосіб: перший – внаслідок досягнення курсом долара свого історичного максимуму, а це вплинуло на економіку

Японії, зокрема зменшило експорт; другий – несподіване рішення банку Японії про пом'якшення монетарної політики та збільшення вливань коштів в економіку для забезпечення ліквідності.

Отже, розглянуті події були шоківими для валютного ринку та спричинили зниження показника Херста. Саме в ці відрізки часу ставало складно передбачити подальший розвиток подій для валютної пари USD/JPY, оскільки її поведінку вже диктували не внутрішні події на ринку, а зовнішні, наприклад такі, як валютна політика Японії та США.

На рис. 4 представлено динаміку зміни показника Херста для відносно стійких і дуже впливових на валютних ринках пар: EUR/USD та GBP/USD.

Для валютної пари EUR/USD можна побачити лише один, але суттєвий «провал» показника Херста, який припав на осінь 2013 р. Причиною цього могло стати оголошення урядами США та Євросоюзу про початок переговорів щодо створення так званого Трансатлантичного торговельного та інвестиційного партнерства (ТТІП). Переговори розпочалися у липні 2013 р., проте угода й досі не підписана. Втім, сама згадка про цю угоду викликала певну нестабільність в економіці, численні мітинги населення та критику з боку ЗМІ.

Для валютної пари GBP/USD влітку 2010 р. відбувся незначний стрибок показника Херста. Причиною підвищення трендовості могло стати весілля принца Чарльза, яке припало на цей період. Стрибок кінця 2012 р. для пари GBP/USD можна пояснити складною економічною ситуацією в Британії і, як наслідок, вливанням урядом країни 325 млрд фунтів у економіку в рамках так званої програми кількісного пом'якшення.

## ВИСНОВКИ

Показник Херста, як інструмент фрактального аналізу систем, дозволяє визначити ступінь персистентності фінансових рядів, наявності на валютному ринку довготривалої пам'яті. При стабільній економічній си-

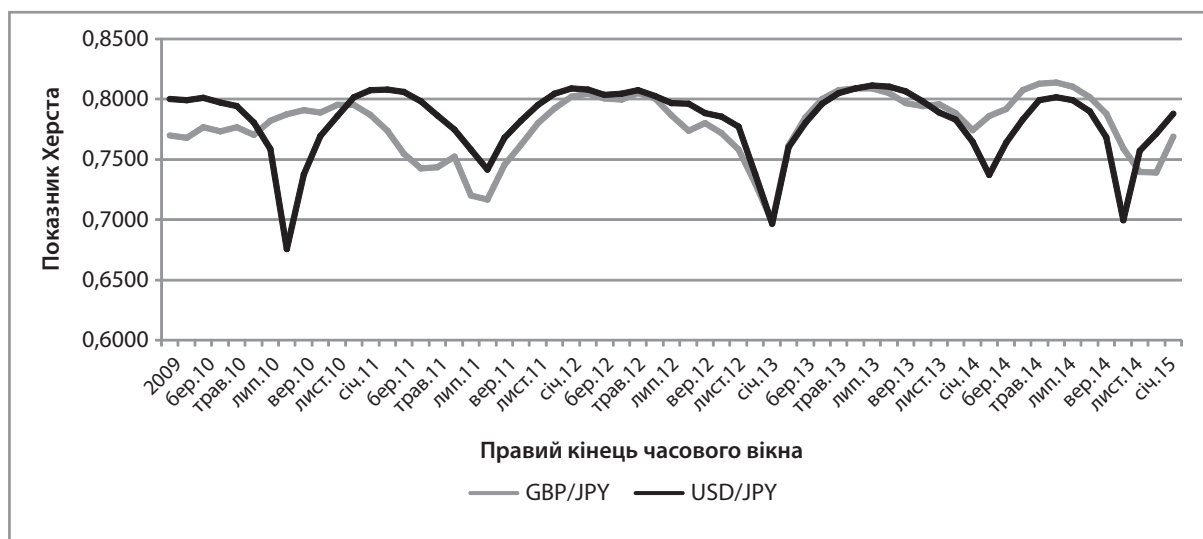
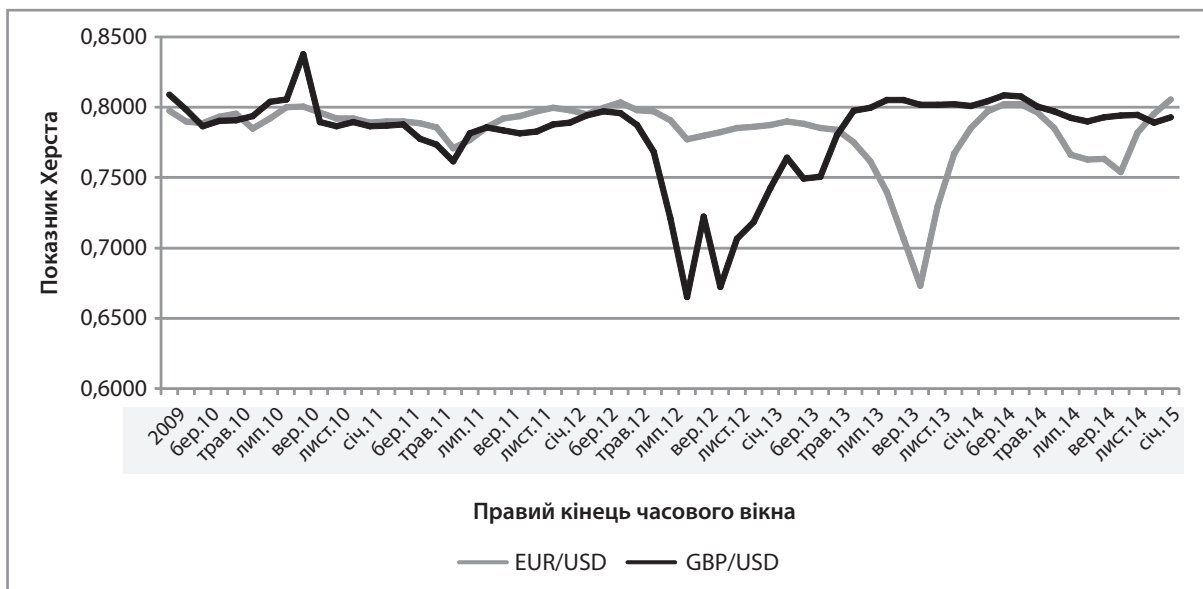


Рис. 3. Динаміка показників Херста за цінами закриття для USD/JPY та GBP/JPY

Джерело: власні розрахунки авторів.



**Рис. 4.** Динаміка показників Херста, розрахованих за цінами закриття для EUR/USD і GBP/USD

**Джерело:** власні розрахунки авторів.

туації показник Херста валютних пар має тенденцію до збереження свого середнього значення. При цьому цей показник дуже реагує на події, що прямо або опосередковано впливають на економіку держави та курс її національної валюти. Найбільший стрибок показника можна спостерігати, коли країна проводить сплановану валютну інтервенцію з метою покращити свою економічну ситуацію, тим самим знижуючи курс своєї валюти.

Інша група подій, що впливають на персистентність валютного ринку, – це важливі для країни ситуації, такі як зміна уряду, оголошення нового курсу політики або ж природні катаклізми, тобто всі можливі збурення економічної системи. Усе це порушує звичний хід подій на валютних ринках, індикатором чого і є зміна показника Херста валютних котирувань. Коли збурення на валютному ринку минає, цей показник знову наближається до свого середнього значення, притаманного кожній валютній парі. ■

#### ЛІТЕРАТУРА

1. **Петерс Э.** Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка / Э. Петерс / Пер. с англ. – М.: Мир, 2000. – 333 с.
2. **Петерс Э.** Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории хаоса в инвестициях и экономике / Э. Петерс / Пер. с англ. – М.: Интернет-трейдинг, 2004. – 304 с.
3. **Мандельброт Б. Б.** (Не)послушные рынки. Фрактальная революция в финансах / Бенуа Б. Мандельброт, Ричард Л. Хадсон. – М.: Издательство «Вильямс», 2006. – 408 с.
4. **Soros, G.** The New Paradigm for Financial Markets: The Credit Crisis of 2008 and What It Means / G. Soros. – NY: Public Affairs, 2008. – 162 p.
5. **Кроновер Р. М.** Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории / Р. М. Кроновер. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
6. **Corazza, M.** Multifractality in Foreign Currency Markets / M. Corazza, A. G. Malliaris // Multinational Finance Journal. – 2009. – Vol. 6. – P. 387–401.

7. **Дербенцев В. Д.** Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем: монографія / В. Д. Дербенцев, О. А. Сердюк, В. М. Соловйов, О. Д. Шарапов. – Черкаси: Брама-Україна, 2010. – 287 с.

8. **Мансуров А. К.** Прогнозирование валютных кризисов с помощью методов фрактального анализа / А. К. Мансуров // Проблемы прогнозирования. – 2008. – № 1. – С. 145–158.

9. **Найман Э.** Расчёт показателя Херста с целью выявления трендовости (персистентности) финансовых рынков и макроэкономических индикаторов / Э. Найман // Экономист. – 2009. – № 10. – С. 25–29.

10. **Xu, Z.** Scaling, self-similarity and multifractality in FX markets / Z. Xu, R. Gençay // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2003. – Vol. 323. – P. 578–590.

11. **Drozd, S.** Foreign exchange market: return distributions, multifractality, anomalous multifractality and Epps effect / Stanislaw Drozd, Jaroslaw Kwapien, Pawel Oswiecimka, Rafal Rak // New Journal of Physics. – 2010. – Vol. 12 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/12/10/105003/pdf>

12. **Oh, G.** A multifractal analysis of Asian foreign exchange markets / G. Oh, C. Eom, S. Havlin, W.-S. Jung, F. Wang, H. E. Stanley, S. Kim // The European Physical Journal B. – 2012 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://polymer.bu.edu/hes/articles/oehjwsk12.pdf>

13. **Галіцин В. К.** Мультифрактальна модель прогнозування кризового стану валютного ринку / В. К. Галіцин, О. П. Сулов, О. М. Мезенцев // Академічний огляд. – 2013. – № 2 (39). – С. 128–133.

14. **Günay, S.** Source Of The Multifractality In Exchange Markets: Multifractal Detrended Fluctuations Analysis / S. Günay // Journal of Business & Economics Research. – 2014. – Vol. 12. – Number 4. – P. 371–384.

15. **Кравець Т. В.** Ефекти синхронізації динаміки фондових індексів та курсів валют при мультифрактальному аналізі з використанням вейвлет-технологій / Т. В. Кравець, О. В. Березнюк // Бізнес Інформ. – 2014. – № 2. – С. 116–121.

16. **Бодрова Н. Е.** Аналіз основних валютних пар міжнародного ринку Forex / Н. Е. Бодрова, А. Л. Дальнікович // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 5, Т. 2. – С. 229–234.

**17. Пінчук А. К.** Теорія оптимальних валютних зон: від класиків до сьогодення / А. К. Пінчук // Бізнес Інформ. – 2013. – № 12. – С. 81–87.

**18. Айгазин Ж.** Мировая экономика. Анализ экономики Японии / Ж. Айгазин // Центр исследований прикладной экономики, Казахстан, Астана [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://iee.org.ua/ru/prog\\_info/16040/](http://iee.org.ua/ru/prog_info/16040/)

## REFERENCES

Aygazin, Zh. "Mirovaia ekonomika. Analiz ekonomiki Yaponii" [World economy. Analysis of the Japanese economy]. Tsentr issledovaniy prikladnoy ekonomiki, Kazakhstan, Astana. [http://iee.org.ua/ru/prog\\_info/16040/](http://iee.org.ua/ru/prog_info/16040/)

Bodrova, N. E., and Dalnikovych, A. L. "Analiz osnovnykh valiutnykh par mizhnarodnogo rynku Forex" [Analysis of the major currency pairs the international market Forex]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, vol. 2, no. 5 (2011): 229-234.

Corazza, M., and Malliaris, A. G. "Multifractality in Foreign Currency Markets". *Multinational Finance Journal*, vol. 6 (2009): 387-401.

Derbentsev, V. D. et al. *Synerhetychni ta ekonofizychni metody doslidzhennia dynamichnykh ta strukturnykh kharakterystyk ekonomichnykh system* [Synergistic and econophysical methods of dynamic and structural characteristics of economies]. Cherkasy: Brama-Ukraina, 2010.

Drozd, S. et al. "Foreign exchange market: return distributions, multifractality, anomalous multifractality and Epps effect". <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/12/10/105003/pdf>

Gunay, S. "Source Of The Multifractality In Exchange Markets: Multifractal Detrended Fluctuations Analysis". *Journal of Business & Economics Research*, vol. 12, no. 4 (2014): 371-384.

Halitsyn, V. K., Suslov, O. P., and Mezentsev, O. M. "Mulyfraktalna model prohnouzuvannia kryzovoho stanu valiutnoho rynku" [Multifractal model predicting crisis currency market]. *Akademichnyi ohliad*, no. 2 (39) (2013): 128-133.

Kronover, P. M. *Fraktaly i khaos v dinamicheskikh sistemakh. Osnovy teorii* [Fractals and chaos in dynamical systems. Fundamentals of the theory]. Moscow: Postmarket, 2000.

Kravets, T. V., and Berezniuk, O. V. "Efekty synkhronizatsii dynamiky fondovykh indeksiv ta kursiv valiut pry mulyfraktalnomu analizi z vykorystanniam veivlet-tekhnohii" [Effects synchronize the dynamics of stock indices and exchange rates at multifractal analysis using wavelet technology]. *Biznes Inform*, no. 2 (2014): 116-121.

Mansurov, A. K. "Prognozirovanie valiutnykh krizisov s pomoshchyu metodov fraktalnogo analiza" [Predicting currency crises using fractal analysis methods]. *Problemy prognozirovaniia*, no. 1 (2008): 145-158.

Mandelbrot, B. B., and Khadson, R. L. *(Ne)poslushnye rynki. Fraktalnaia revoliutsiia v finansakh* [(Non)compliant markets. Fractal revolution in finance]. Moscow: Viliams, 2006.

Nayman, E. "Raschet pokazatelya Khersta s seliuvyavleniia trendovosti (persistentnosti) finansovykh ryнков i makroekonomicheskikh indikatorov" [Hurst exponent calculation to identify trended (persistence) of the financial markets and macroeconomic indicators]. *Ekonomist*, no. 10 (2009): 25-29.

Oh, G. et al. "A multifractal analysis of Asian foreign exchange markets". <http://polymer.bu.edu/hes/articles/oehjwsk12.pdf>

Peters, E. *Fraktalnyy analiz finansovykh ryнков: Primenenie teorii khaosa v investitsiakh i ekonomike* [Fractal analysis of financial markets: Application of the theory of chaos in the economy and investments]. Moscow: Internet-treyding, 2004.

Pinchuk, A. K. "Teoriia optymalnykh valiutnykh zon: vid klasykiv do syohodennia" [The theory of optimum currency areas, from the classics to the present]. *Biznes Inform*, no. 12 (2013): 81-87.

Peters, E. *Khaos i poriadok na ryinkakh kapitala. Novyy analiticheskiy vzgliad na tsikly, tseny i izmenchivost rynku* [Chaos and order in the capital markets. New analytical view of the cycles, prices and market volatility]. Moscow: Mir, 2000.

Soros, G. *The New Paradigm for Financial Markets: The Credit Crisis of 2008 and What It Means*. New York: Public Affairs, 2008.

Xu, Z., and Gencay, R. "Scaling, self-similarity and multifractality in FX markets". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 323 (2003): 578-590.