

Чайковська М.П.,

канд. екон. наук., доцент,

Тулякова А.Ш.

Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова

МОНІТОРИНГ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА СУЧАСНИХ ФОНДОВИХ РИНКАХ

МОНИТОРИНГ ТРАНСФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОВРЕМЕННЫХ ФОНДОВЫХ РЫНКАХ

MONITORING OF THE TRANSFORMATION PROCESSES IN MODERN STOCK MARKETS

В роботі викладаються основні принципи комплексної методики аналізу динаміки фондових ринків. Дослідження спрямовані на виявлення раніше невідомих, нетривіальних закономірностей в процесах динаміки цін активів. Найбільше теоретичне і практичне значення цієї методики складає моніторинг трансформаційних процесів на сучасних фондових біржах. Проводиться пошук індикаторів-передвісників криз. В статті обґрунтовується необхідність проведення первинної обробки вхідної інформації в формі часових рядів; скорочено викладається комплекс методів аналізу часових рядів, що застосовується для виявлення прихованих закономірностей в процесах динаміки та обчислення набору різноманітних показників, які кількісно вимірюють різні характеристики; розкривається сутність технології ковзного вікна; надаються результати практичних розрахунків для українського фондового ринку і знайдений передвісник кризових обвалів.

Ключові слова: динаміка фондових ринків, аналіз часових рядів, приховані закономірності, індикатори-передвісники криз.

В работе излагаются ключевые принципы комплексной методики анализа динамики фондовых рынков. Исследования направлены на выявление ранее неизвестных, нетривиальных закономерностей в процессах динамики цен активов. Наибольшее теоретическое и практическое значение имеет мониторинг трансформационных процессов на современных фондовых биржах. Проводится поиск индикаторов-предвестников кризисов. В статье обосновывается необходимость проведения первичной обработки входящей информации в форме временных рядов; кратко излагается комплекс методов анализа временных рядов, применяющийся для выявления скрытых закономерностей в процессах динамики и вычисления набора показателей, которые количественно измеряют различные характеристики; раскрывается сущность технологии скользящего окна; приводятся результаты практических расчетов для украинского фондового рынка и найденный предвестник кризисных обвалов.

Ключевые слова: динамика фондовых рынков, анализ временных рядов, скрытые закономерности, индикаторы-предвестники кризисов.

The paper outlines the key principles of complex methodology of stock market dynamics analysis. The research is aimed to identify previously unknown non-trivial regularities in the process of asset prices dynamics. Monitoring of the transformation processes in modern stock exchanges has the greatest theoretical and practical importance. Indicators-harbinger of crisis are being searched for. In this article it is explained: the necessity of preliminary processing of incoming information in the form of time series; a range of methods of time series analysis, being used to detect hidden regularities in the processes of dynamics and computing a set of metrics that can measure quantitatively various characteristics; the essence of sliding window technology; the practical results of the calculations for the Ukrainian stock market and found harbinger of crisis collapses.

Keywords: dynamics of stock markets, time series analysis, hidden regularities, indicators-harbinger of crises.

Вступ. Фондовий ринок представляє собою складну динамічну систему зі змінною структурою, що обумовлено наявністю нелінійних динамічних взаємозв'язків між його параметрами та ймовірнісним характером процесів.

Паралельно з розвитком наукових парадигм дослідження ринку, відбувається еволюція самого ринку, змінюються закономірності динаміки цін біржових активів. Фактори глобалізації і роботизації торгівлі, а також помітний перерозподіл значимості різних секторів економіки (зокрема підвищення значимості фінансового сектору, розвиток ринку деривативів, ринку інноваційних компаній), перехід від стратегії конкуренції до стратегії інтегрування торговельних площадок суттєво змінюють і ускладнюють природу локальних фондових ринків. Один з найважливіших аспектів підвищення складності на сучасних біржах виражається в пришвидшенні динаміки активів, що робить оцінки ризиків і прогнози, засновані на класичних теоріях, неадекватними для сучасної ситуації. Слід прийняти той факт, що ринки за структурою вже не можна сприймати як статичні або умовно статичні в межах багатьох років. Сучасні ринки постійно трансформуються, і це мають розуміти і емітенти, і трейдери, і найголовніше регулятори ринків. Трансформація структури обов'язково призводить до зміни закономірностей динаміки системи ринку.

Аналізом і моделюванням фондових ринків займалися Вовк В., Петерс Е., Такенса Ф., Шафер Г., Швагер Дж., Кашин Б.С., Пастухов С.В., Соловійов В.М., Шарапов О.Д., однак виявлення прихованих закономірностей в часових рядах реальних біржових даних проводиться в рамках більш глибокого дослідження – моніторингу трансформацій і якісних змін таких закономірностей в масштабах розглядуваного фондового ринку.

Найяскравіший приклад відмови сприймати факт швидкої глобальної трансформації структур фондових ринків, як об'єктивну реальність на сучасному етапі, - приголомшуючий обвал економік багатьох країн під час Глобальної Фінансової Кризи і неспроможність регуляторної політики стримувати лавиноподібне розповсюдження негативних настроїв на всіх фінансових ринках. Саме тому задача моніторингу трансформаційних процесів на фондовому ринку вельми актуальна.

Постановка завдання. Створити комплексну методіку аналізу, що виявлятиме в часових рядах певні закономірності динаміки; на реальних даних о цінах дослідити можливі зміни таких закономірностей з плином часу. Зрозуміти мотиви, якими слід керуватися для вибору найбільш вдалого представлення часового ряду для подальшого пошуку закономірностей: ряд цін, ряд перших різниць, ряд відносних прибутковостей чи ряд логарифмічних прибутковостей. Слід вибрати адекватний сучасний інструментарій для пошуку прихованих закономірностей. Необхідно визначитися за яким принципом проводити моніторинг змін закономірностей. Також необхідно провести практичні дослідження для багатьох фондових ринків, зокрема українського, виявити закономірності, знайти інтерпретації, прослідити трансформацію ринків, і провести пошук індикаторів, передвісників криз.

Методологія. Статистичні дані економічних показників, в тому числі і фондового ринку, поступають у формі часових рядів.

Відмітимо принципову відмінність часового ряду від сукупності спостережень, що утворюють випадкову вибірку, що полягає в наступному: члени часового ряду не обов'язково є незалежними і не обов'язково є однаково розподіленими випадковими величинами. Це означає, що властивості та правила статистичного аналізу випадкової вибірки неможна розповсюдити на часові ряди.

Застосування методів аналізу часових рядів до ряду фондового індексу $\{P(t)\}_{t=0}^M$ та його похідних часових рядів $\{\Delta P(t)\}_{t=1}^M$ і $\{\Delta \ln P(t)\}_{t=1}^M$ дозволить виявити закономірності притаманні динаміці відповідного ринку в цілому.

Дослідження процесів динаміки цін активів по відповідним часовим рядам дозволяє помітити зміну закономірностей, що є наслідком таких трансформацій структури системи ринку. Необхідно розвивати методи, що дозволятимуть відстежувати такі трансформації за даними публічної інформації о динаміці цін активів.

Результати дослідження. Приховані нетривіальні закономірності в процесах динаміки цін реальних біржових активів відображаються у наявності закладеної в відповідний часовий ряд високоорганізованої (складної) часової структури, де має місце залежність від попередніх значень, тобто є пам'ять. Задача виявлення прихованих закономірностей в часових рядах біржових даних, не дивлячись на безліч запропонованих дослідниками практичних рекомендацій і абстрактних концепцій, залишається актуальною наразі і сьогодні, і немає спільної думки щодо найбільш вдалого шляху її вирішення. Тому в даному дослідженні першочерговим завданням був вибір адекватного сучасного інструментарію для виявлення прихованих закономірностей.

Фондова біржа продукує часові ряди цін окремих фінансових активів (акцій) та часові ряди ін-

дексів. Біржовий індекс - це інтегрований показник, що розраховується на основі біржових котирувань певної групи акцій – так званого “індексного кошика”. Найважливіший показник всього ринку - фондовий індекс обчислюється як середньозважена ціна акцій найкрупніших компаній-емітентів.

На даний час методи аналізу часових рядів дуже активно розвиваються завдяки можливості застосування комп'ютерів для обчислення складних алгоритмів. Різноманітні методи аналізу часових рядів дозволяють кількісно виміряти різні важливі характеристики динаміки системи, узагальнено за деякий певний період, шляхом побудови набору показників, кожен з яких відображає певну характеристику і його значення обчислюється за вибіркою з досліджуваного часового ряду, що відповідає досліджуваному періоду. [1,2]

Таким чином, для аналізу в своєму розпорядженні маємо часовий ряд індексу фондового ринку, який є свого роду вимірювальним інструментом, що дозволяє виносити судження про стан ринку в цілому:

$$\text{часовий ряд цін (значень індексу)} \{P(t)\}_{t=0}^M$$

Як правило, абсолютні значення індексу не важливі. Більше значення мають зміни індексу за деякий час, оскільки вони дозволяють судити про загальний напрямок руху ринку, навіть в тих випадках, коли ціни акцій всередині індексного кошику змінюються в різних напрямках. Тому для дослідження динаміки фондового ринку цікаво розглянути похідні ряди.

Розглянемо часовий ряд абсолютних змін (перших різниць) індексу за періоди часу, рівні часовій дискретизації рядів- таймфрейму:

$$\{\Delta P(t) = P(t) - P(t-1)\}_{t=1}^M$$

$\Delta P(t)$ - це зміна вартості портфелю акцій, складеного згідно пропорцій “індексного кошика” за мінімальний період. Інтерпретується як абсолютна величина доходу (або витрат) в ситуації продажу за поточною ціною $P(t)$ вказаного портфелю, що був куплений в попередній момент часу за ціною $P(t-1)$. Зрозуміло, щоб обчислити дохід (прибуток) за певний період необхідно просумувати відповідні послідовні значення ряду – обчислити часткову суму ряду.

Проте, якщо в дослідженні динаміки виникає потреба порівнювати значення показників зміни ціни в віддаленні моменти часу, по ряду абсолютних змін (показників доходу) це не завжди можна зробити адекватно. Адже, одиниці вимірювання, що зазвичай вважаються незмінними (в фізиці прийнято використовувати еталони), для таких показників – грошові одиниці – з часом можуть змінюватися, що обумовлено їх специфічною економічною природою. При розгляді довготривалої динаміки вартість грошей може змінюватися, при цьому така зміна може відбуватися плавно і поступово, а може різко.

Проілюструємо такі зміни на прикладі України. На рисунку 1 представлена динаміка індексу інфляції в Україні з 2000 року до 2012 року [3], яка демонструє поступове наростання, що відповідає зниженню покупної спроможності гривні. З графіку видно, що за весь цей час підсумковий індекс інфляції склав більше 300%.

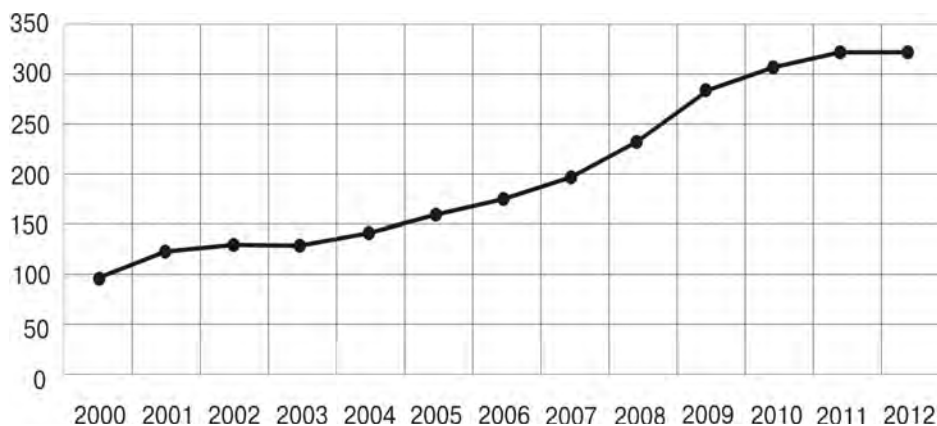


Рис. 1. Індекс інфляції

На рисунку 2 представлена динаміка офіційного валютного курсу української гривні по відношенню до долару (вартість 100\$) за період з початку 2000 року до вересня 2013 року [4]. Курс гривні

пережив складний період турбулентності 2008-2009 років, в результаті подорожчав майже в два рази.

Національний банк України

За період з 01.01.2000 по 01.09.2013 встановлює такі офіційні курси гривні до іноземної валюти

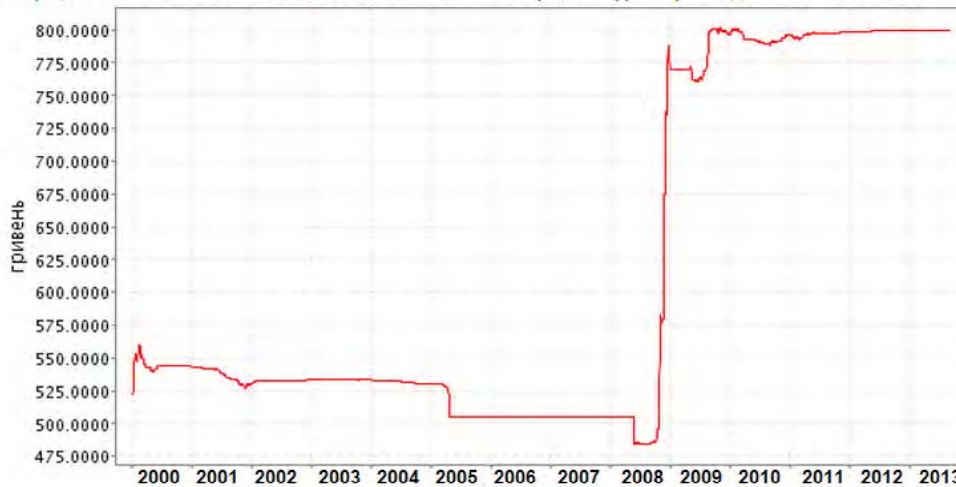


Рис. 2. Курс гривні до долару США

Використання “відносних змін” дозволяє позбутися впливу ефекту поступової зміни вартості грошових одиниць і дає можливість правильніше порівнювати елементи ряду навіть через великі проміжки часу. Відносні зміни – це вже безрозмірні величини і їх можна обчислити за двома формулами:

$$\left\{ \frac{P(t)}{P(t-1)} \right\}_{t=1}^M \quad \text{або} \quad \left\{ Z(t) = \frac{P(t) - P(t-1)}{P(t-1)} \right\}_{t=1}^M$$

В «першому типі» зростанню ціни відповідає значення більше 1, а зниженню – значення менше 1, в «другому типі» зростанню – додатне $Z(t)$, зниженню – від’ємне $Z(t)$, що на практиці в багатьох випадках зручніше. В економіці, в фінансах використовують саме величини $Z(t)$, що обчислюються як відношення абсолютної величини доходу $\Delta P(t)$ до суми початкових вкладень $P(t-1)$, їх називають відносні прибутковості. Прибутковість інтерпретується як відносний показник ефективності вкладень у ті чи інші активи, фінансові інструменти - окремі акції, портфелі, тощо.

Але найчастіше для дослідження динаміки на практиці використовують часові ряди навіть не відносних прибутковостей, а так званих логарифмічних прибутковостей:

$$\left\{ X(t) = \Delta \ln P(t) = \ln P(t) - \ln P(t-1) = \ln \left(\frac{P(t)}{P(t-1)} \right) \right\}_{t=1}^M$$

Значення логарифмічних прибутковостей $X(t)$ дуже близькі до значень відносних прибутковостей $Z(t)$, математично це пояснюється наступним чином. Позначимо через $\mu = \frac{P(t)}{P(t-1)}$, тоді

$X(t) = \ln \mu$, а $Z(t) = \mu - 1$. На рисунку 3 видно, що для μ близьких до 1 (що вірно для цін в близькі моменти часу $t, t-1$) значення логарифмічної і лінійної функцій майже ідентичні



Рис.3. Графіки функцій $f(\mu) = \ln \mu$ (пунктирна лінія) і $g(\mu) = \mu - 1$.

Переважає використання логарифмічних прибутковостей $X(t)$ замість відносних $Z(t)$ пояснюється тим, що ними зручніше оперувати; щоб знайти прибутковість активу за певний період часу k , можна просто просумувати значення $X(t)$ за цей період, та взяти від них експоненту.

$$\frac{P(t+k)}{P(t)} = \exp\left(\sum_{i=1}^k X(t+i)\right)$$

Проаналізовано великий клас сучасних методів інтелектуального аналізу даних, що поступають у формі часових рядів [1]. В результаті сформовано багатоетапний алгоритм (алгоритм спеціальної обробки вхідного часового ряду і розрахунку набору показників), що відображає комплексну методичку виявлення найважливіших характеристик, специфічних для динаміки саме фондових ринків.

Комплексна методика аналізу включає:

1. Побудову функції розподілу значень та ідентифікацію типу розподілу.
2. Кореляційний аналіз [1,2].
3. Спектральний аналіз Фур'є. [1,2]
4. Фрактальний аналіз [1,2,5]. Мультифрактальний аналіз [5].
5. Аналіз складних мереж, побудованих на основі часового ряду [6].
6. Хаос-динамічний аналіз [2,6].
7. Факторний аналіз.

В рамках теоретичного обґрунтування адекватності і ефективності комплексного застосування вищевказаних методів аналізу, проаналізовано теоретичні основи всіх цих методів, проведено порівняльний аналіз, виявлено їх переваги та істотні обмеження. Розробляються специфічні для фондового ринку економічні інтерпретації результатів такого аналізу часових рядів.

Ефективним вирішенням задачі виявлення прихованих закономірностей в процесах динаміки фондового ринку вважаємо застосування комплексу інтелектуальних методів для дослідження динаміки індексів, адже ці методи взаємодоповнюють інформацію про природу системи - для одного часового ряду можна отримати сукупність показників, що характеризують досліджуваний об'єкт з точки зору впливу зовнішніх подій на систему, яка описується цим рядом.

Сучасні мультифрактальний, мережний і хаос-динамічний аналіз взагалі дають якісно нову - більш глибоку інформацію, динаміка цих показників суттєво розширює наше розуміння про динамічну складність системи.

Для моніторингу трансформаційних процесів використовується підхід, ключовою ідеєю якого є застосування "технології ковзного вікна", що означає розрахунок будь-яких показників для вікна фіксованої ширини N (певного часового періоду такої тривалості, це і буде вибіркою), що нібито "ковзає" по часовому ряду з фіксованим кроком S . На виході отримуємо часові ряди різноманітних показників, що характеризують певні закономірності приховані в вхідному часовому ряду. Одна точка такого часового ряду показника відповідає окремому вікну. Довжина таких рядів W (дорівнює кількості вікон) виражається через довжину вхідного ряду M , ширину вікна N і крок S формулою $W = [(M - N)/S] + 1$, де квадратні дужки означають цілу частину від числа.

Таким чином за алгоритмом аналізу послідовно для кожного окремого вікна розраховуються комплекс показників.

Якщо значення показника суттєво не змінюється при ковзанні вікна по часовому ряду, тоді можна вважати, що його значення відповідає стійкій якійсь властивості динаміки, певній фундаментальній закономірності досліджуваного процесу, що не змінюється з плином часу.

Якщо значення змінюється, то це означає зміну властивостей динаміки, можливо навіть якісні переходи до іншого типу динаміки, спостерігається трансформація закономірностей процесу динаміки цін. Необхідно шукати причини такої трансформації.

Отже, вивчення динаміки різноманітних показників дозволяє відстежувати трансформації в структурній організації досліджуваних (вхідних) часових рядів, відповідно виносити судження про еволюцію динаміки системи, що продукує ці часові послідовності. Таким чином технологія ковзного вікна, проста за своєю суттю та легко реалізована в алгоритмі, дає надзвичайно корисну інформацію для аналізу.

Особливо важливим є візуальний аналіз накладених графіків динаміки ряду індексу (інтегральної характеристики ринку) і динаміки побудованих рядів показників, обчислюваних для вікон. Для цього ряд індексу необхідно попередньо перетворити, зі зрозумілих причин обрізати попередню $N - 1$ точку з першого вікна, і потім прорідити, взявши тільки кожну S -у точку ряду.

При такому візуальному аналізі слід звертати увагу на характерні особливості поведінки досліджуваної характеристики, стежачи за динамікою показника, з урахуванням ситуацій, що складаються на ринку, які видно з динаміки індексу. Наприклад, можна помітити реакції показника на кризи або підйоми, причому ці реакції можуть бути не тільки з деякою затримкою у часі або своєчасними, а й випереджаючими. Якщо реакція показника підтвердилася в переважній більшості випадків, то можна розглядати його як індикатор відповідної ситуації на ринку, а в разі випереджаючої реакції як передвісник. Дивись, наприклад, рисунок 4 (б).

Виявлена закономірність поведінки показника для деяких ринків, дає можливість сформулювати гіпотезу про універсальний характер такої закономірності. При перевірці гіпотези для інших ринків, слід враховувати можливу необхідність коригування вхідних параметрів для розрахунку показників, в тому числі параметрів ширини вікна і кроку, адже ринки різного рівня розвитку демонструють "різний плин часу". Теж саме слід відзначити і для перевірки гіпотези на більш ранніх етапах існування розглянутого ринку.

Найменшу ширину вікна N необхідно визначати з урахуванням технічних обмежень конкретного алгоритму на мінімальну кількість точок, яку він використовує для правильного обчислення показника. З іншого боку, показники динаміки системи "узагальнені" за дуже довгий період, тобто обчисленні для вікон занадто великої ширини, втрачають свою інформативність, так як враховують застарілі дані, і це нібито розмиває його сенс. Тому найбільша ширина вікна повинна визначатися і з урахуванням "довжини пам'яті системи" про свою структуру. За необхідності розрахунку проводяться для вікон різної ширини.

Крок S ні в якому разі не може перевищувати ширину вікна N , це в багато разів менше число, зрозуміло, що чим воно менше, тим частіше дискретизовані часові ряди показника отримуємо, а значить більш деталізовану інформацію про його динаміку. Тому крок S обираємо, як можна менший, але з урахуванням обчислювальних можливостей процесору, що використовує дослідник. Під час пробних розрахунків використовуємо великі кроки, потім при необхідності уточнюємо розрахунки з маленьким кроком.

Зазвичай, параметри вікна визначаються до початку розрахунків, виходячи з різних внутрішніх міркувань дослідника, з урахуванням його особистих цілей аналізу і попереднього досвіду. Взагалі, вибір параметрів ковзного вікна має дуже важливе значення для правильної інтерпретації результатів.

Проведено практичні дослідження фондових ринків різних країн, зокрема України на основі аналізу «склеєного» індексу UХ та PFTS. Індекс PFTS розраховується з 1997 року щодня за результатами торгів на фондовій біржі «Перша Фондова Торгова Система», на їх сайті [7] опубліковані значення з 10.10.2001р. Індекс UХ розраховується "Українською біржею" [8] і більш адекватно відображає динаміку Українського ринку акцій, однак це молодий індекс, опубліковані значення розраховані з 08.01.2008р.

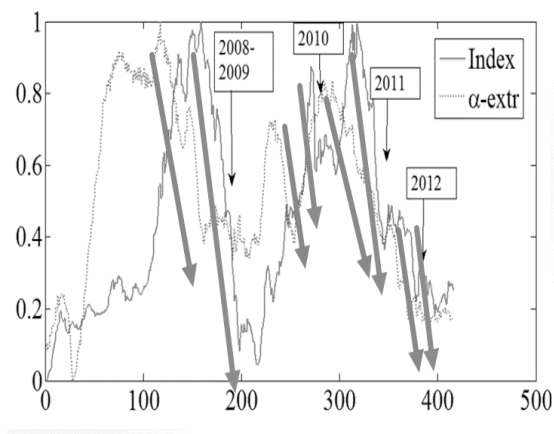
Тому вважаємо за доцільне використовувати часовий ряд UХ*, побудований на підставі даних двох цих індексів наступним чином. У період з 08.01.2008р. по 29.12.2013 р. беруться щоденні значення індексу UХ на момент закриття торгового дня (1466 торгові дні), попередній період з 10.10.2001р. до 28.12.2007р. формують «приведені» значення індексу PFTS, тобто помножені на відповідний коефіцієнт (1535 торгових днів). На рисунку 4 (а) на графіку денної динаміки індексу очевидні різні етапи розвитку фондового ринку України.

Світова фінансова криза позначилася на нашому ринку найбільш потужним і довготривалим обвалом 2008-2009 рр., після першої хвилі почалося відновлення, друга хвиля обвалу відбулася стрімким обвалом в 2010 р., потім спостерігалось відновлення до майже докризових значень індексу, і вже в 2011 р. знову почалося довготривале падіння ринку, можна зокрема в ньому відокремити обвал 2012 р. На рисунках (в) і (г) можна порівняти динаміку абсолютних і відносних змін індексу.

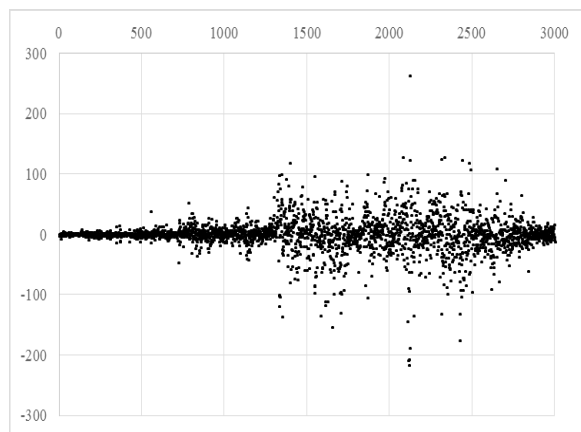
Спостереження динаміки комплексу показників розрахованих в ковзному вікні з накладенням динаміки індексу дозволило виявити характерні особливості поведінки напередодні та під час криз на фондових ринках. Зокрема, для українського індексу UX* перед усіма обвалами (позначені стрілками) відбувається випереджаюче зміщення екстремуму мультфрактального спектру α_{EXTR} до нуля, як показує рисунок 4 (б). Приведені розрахунки для вікна шириною $N = 750$ і з кроком $s = 5$. Це специфічна особливість саме Українського фондового ринку, адже для більшості інших індексів такі самі стійкі випереджаючі реакції підтвердити не вдалось. Отже, цей показник α_{EXTR} може бути передвісником криз для нашого ринку.



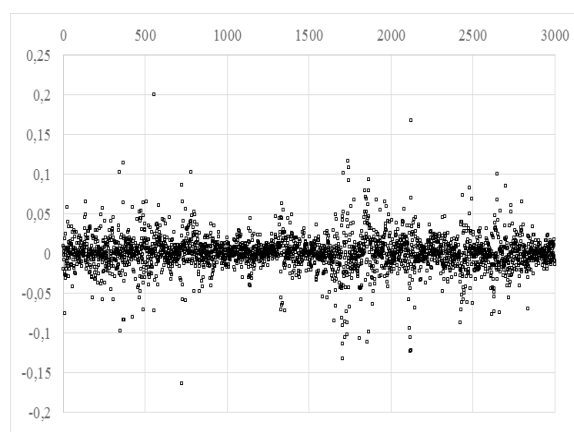
(а) Динаміка індексу по дням $\{P(t)\}_{t=0}^{3000}$.



(б) Накладання індексу і показника.



(в) Графік часового ряду $\{\Delta P(t)\}_{t=1}^{3000}$.



(г) Графік часового ряду $\{\Delta \ln P(t)\}_{t=1}^{3000}$.

Рис. 4. Візуалізації для українського індексу UX* («склеєного»).
По осі абсцис для (а, в, г) зверху - номери точок ряду, для (б) – номери вікон.

Висновки. Розгляд динаміки показників, розрахованих для ковзного вікна, показав, що показники для різних періодів змінюються, і це означає, що динаміка ринків змінюється, можливо навіть виявити якісні переходи. Отже, вважаємо, що показники обов'язково потрібно досліджувати в динаміці і проводити постійний моніторинг трансформацій динаміки ринку.

В статті приводиться новий результат, що має теоретичне і практичне значення для передбачення кризових обвалів на українському фондовому ринку. Надалі планується публікація знайдених передвісників обвалів та підйомів ринку та індикаторів передкризових явищ. Розробка рекомендацій

для автоматизації прийняття рішень щодо вибору параметрів вікна (N, S) для конкретних цілей аналізу конкретного ринку виявилася дуже актуальною технічною проблемою, яка потребує подальшого вивчення.

Всебічний аналіз і побудова на його основі математичних моделей, що дозволяють краще зрозуміти еволюцію структури і динаміки фондового ринку, є головними складовими сучасних досліджень в цій області. Зокрема найбільш гостро стоїть задача побудови індикаторів-передвісників кризисних явищ на фондових ринках.

Література:

1. Андриенко В.М., Тулякова А.Ш. «Фондовый рынок. Интеллектуальный анализ и моделирование.» Монография. LAP “Lambert Academic Publishing” 2013. – 164 с.
2. Андриенко В.М., Тулякова А.Ш. «Анализ и моделирование динамики Украинского фондового рынка». // Аспект – Донецк – 2012 – с.32-36 Электронный научный журнал «Аспект» // Интернет-ресурс. – Режим доступа <http://www.asconf.com/>
3. Державна служба статистики України // Интернет-ресурс. – Режим доступу <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Національний банк України // Интернет-ресурс. – Режим доступу <http://www.bank.gov.ua/>
5. Тулякова А.Ш., Чайковская М.П. «Мультифрактальное моделирование фондовых рынков» Сборник научных трудов КГУ. Инновационное развитие: национальные задачи и мировые тенденции. – Молдова-Комрат: КГУ, 2013.
6. Соловйов В.М., Тулякова А.Ш. «Методологія дослідження динамічної складності фондових ринків з використанням рекурентних мереж». Монографія «Проблеми моніторингу, моделювання та менеджменту емерджентної економіки.», Черкаси 2013 – с. 91-111
7. ПФТС. Фондова біржа. » Индексы » Индексы акций // Интернет-ресурс. – Режим доступу <http://www.pfts.com/uk/shares-indexes/>
8. Українська біржа. Історія значень Індексу по днях // Интернет-ресурс. – Режим доступу <http://www.ux.ua/ua/index/stat/dailyhistory.aspx?code=UX>