

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВАЛЮТНОГО РИНКУ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ

СТРИЖИЧЕНКО К. А.
кандидат економічних наук

ДМИТРУСЕНКО К. О.
ХАРКІВ

Вступ

Загальновідомим є той факт, що сучасні тенденції розвитку економічних систем характеризуються високим ступенем невизначеності. Особливо це стосується динаміки індикаторів фінансових ринків, оскільки активи, що обертаються на визначених ринках є порівняно високоліквідними, іноді – абсолютно ліквідними. Наведена властивість дозволяє учасникам ринку досить швидко реагувати на будь-яку інформацію та, відповідно, «ускладнює» процес дослідження та моделювання тенденцій розвитку фінансових ринків. У зв'язку з цим, актуальними є використання нових методів для дослідження фінансового ринку.

Метою даної роботи є дослідження особливостей динаміки розвитку валютного ринку України (ВРУ) за допомогою вейвлет-аналізу. Об'єктом дослідження виступає ВРУ. Предметом – методи вейвлет-перетворення сигналів.

Проблемам дослідження фінансових ринків та інвестиційній діяльності на них присвятили свої роботи наступні вчені: луреати Нобелівської премії з економіки Дж. Тобін та Л. Клайн, Марковіч Г. та ін. [8, 10]. Теорії вейвлетів присвятили свої праці такі вчені, як Добеши І., Дремін І. М., Кроулі П., Астаф'єва Н. М. та інші [1 – 3, 7]. При цьому, треба зазначити, що, попри наявність значної кількості розробок у сфері моделювання динаміки фінансових ринків, методичний апарат даного моделювання досі потребує удосконалення.

Математичний апарат дослідження

Вейвлет-перетворення однорідного сигналу будується на його розкладанні за базисом, що сформований з функції (вейвлета) шляхом масштабних змін та переносів. Вейвлет-перетворення забезпечує двовимірне представлення одновимірного сигналу, при цьому частота та координата розглядаються як незалежні змінні. Визначена особливість вейвлет-перетворення сигналів підкреслює можливість їх використання для числового моделювання як ієрархічний базис, який є пристосованим для описання динаміки складних нелінійних процесів, що характеризуються взаємодією обурень у широких діапазонах просторових та часових частот [1, с. 1145 – 1146]. Вейвлет-коефіцієнти розраховуються на основі інтегралів:

$$s_{j,k} \approx \int x(t)\psi_{j,k}(t)dt,$$

$$d_{j,k} \approx \int x(t)\varphi_{j,k}(t)dt,$$

де j – рівень або шкала розкладання ($j = 1, 2, \dots, J$).

У цьому випадку результатом декомпозиції ряду $x(t)$ за допомогою вейвлет-функцій є вираз, що відображає структуру «пірамідального алгоритму» розкладання сигналу [7, с. 18]:

$$x(t) = \sum_k s_{j,k} \psi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j,k} \varphi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j-1,k} \varphi_{j-1,k}(t) + \dots + \sum_k d_{1,k} \varphi_{1,k}(t).$$

Кожний вейвлет має свої особливості у часовому та частотному просторі. Тому окремим питанням застосування методу вейвлет-аналізу для дослідження динаміки фінансових індикаторів є вибір виду вейвлета, що відповідає характеру тенденцій того чи іншого показника.

Основна частина

Аналіз літературних джерел [8, 10] та проведені дослідження [5] дозволили виділити основний індикатор тенденцій валютного ринку України – курс гривні відносно американського долару. Для досягнення поставленої мети у роботі сформовано алгоритм дослідження динаміки ВРУ за допомогою вейвлет-аналізу (рис. 1).

Етап 1. Вибір параметрів вейвлет-розкладання індикатора валютного ринку України.

У процесі здійснення вейвлет-аналізу сигналу формується пара перетворень – пряме та зворотнє, які, відповідно, перетворюють вихідну функцію у набір вейвлет-коефіцієнтів та навпаки.

У практиці вейвлет-обробки параметри перетворення можуть бути визначені двома способами: неперервно та дискретно. Якщо параметри масштабу та зміщення функції приймають будь-які дійсні зна-

чення, то аналіз матиме назву неперервного вейвлет-перетворення. Якщо параметри перетворення приймають дискретні значення – дискретного.

При цьому, масштабні перетворення та здвиги базисного вейвлету при дискретному перетворенні відбуваються за цілими степенями двійки. У літературі зазначається [7, 8], що множина коефіцієнтів, які отримується при використанні неперервного вейвлет-перетворення є надлишковими з точки зору дослідження рядів економічного походження, тому при аналізі динаміки зазначених індикаторів використовується дискретне вейвлет-перетворення сигналу [10]. Таким чином, у даній роботі, для аналізу та моделювання динаміки індикатора валютного ринку України, пропонується використовувати метод дискретного вейвлет-перетворення ряду.

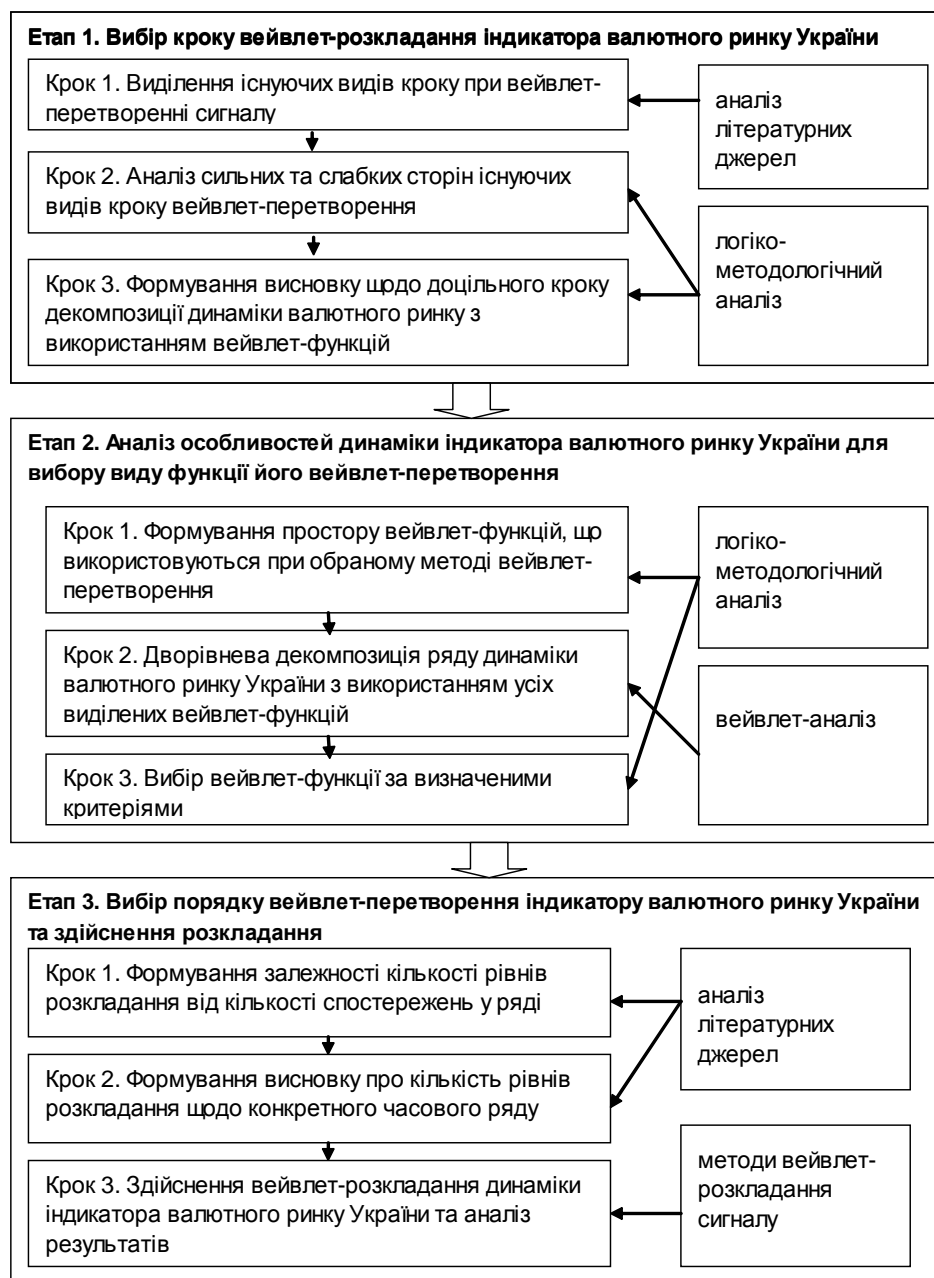


Рис. 1. Алгоритм дослідження динаміки валютного ринку за допомогою вейвлет-аналізу

Етап 2. Аналіз особливостей динаміки індикатора валютного ринку України для вибору виду функції його вейвлет-перетворення.

Другий етап запропонованого алгоритму пропонується виконувати, базуючись при цьому на двох критеріях вибору вейвлет-функції, використання якої є доцільним для декомпозиції динаміки індикатора ВРУ: 1) найменшого за модулем середнього значення коефіцієнтів вейвлет-перетворення на першому рівні розкладання динаміки визначеного індикатора; 2) найменшого значення стандартного відхилення коефіцієнтів вейвлет-перетворення на першому рівні розкладання динаміки визначеного індикатора.

Використання обраних критеріїв є доцільним, оскільки відповідність вказаним умовам свідчить про те, що різниця між формою сигналу та вейвлету, за допомогою якого сигнал розкладається, є мінімальною. У літературі [1, с. 1152] зазначається, що отриманий у результаті вейвлет-перетворення масив коефіцієнтів містить у собі комбіновану інформацію про вейвлет, що виступає аналізатором, та сигнал, що аналізується. Тому, у випадку «співпадіння» вейвлету та сигналу дана інформація є більш адекватною та об'єктивною. Окрім цього, сигнал з нульовим математичним очікуванням є шумом, виділення якого є важливим аспектом декомпозиції ряду та дозволяє згладжувати ряд, нівелюючи при цьому мінімальний обсяг важливої інформації. У роботі пропонується порівняння обраних у якості критеріїв характеристик за усіма можливими вейвлет-функціями, що використовуються при дискретному вейвлет-розкладанню сигналу.

До зазначених функцій відносяться: вейвлет Хаара (haar), вейвлети сімейства Добеши (db1- db45), коіфлети (coif1- coif5), сімлети (sym2 – sym45), дискретний вейвлет Мейєра (dmeu), біортогональні та реверсійно-біортогональні вейвлети різних рівнів (bior, gbior). На основі результатів однорівневої декомпозиції ряду динаміки валютного ринку України з використанням усіх виділених вейвлет-функцій, що використовуються у дискретному вейвлет-перетворенні сформовано висновок, що для розкладання ряду динаміки індикатора валютного ринку України доцільно використовувати біортогональний вейвлет bior3.9, оскільки:

– середнє значення коефіцієнтів вейвлет-перетворення на першому рівні розкладання динаміки ВРУ за допомогою даного вейвлету дорівнює $1.4803e-016$;

– значення стандартного відхилення коефіцієнтів вейвлет-перетворення на першому рівні дорівнює 13, 86.

Треба відзначити, що дана група вейвлетів характеризується тим, що вони є абсолютно симетричними та дозволяють підвищити якість реконструкції сигналу після його розкладання [3, с. 477]. Форма даного вейвлету наведена на рис. 2. Ліве з наведених зображень відображає вигляд вейвлет-базису, що використовується для декомпозиції сигналу, праве – вейвлет-базису, що реконструює сигнал.

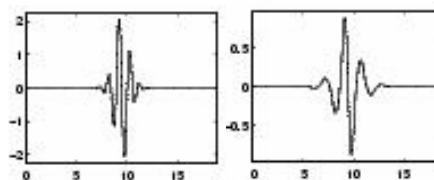


Рис. 2. Вигляд вейвлету bior 3.9

Етап 3. Вибір порядку вейвлет-перетворення індикатора валютного ринку України та здійснення розкладання.

Що стосується кількості рівнів розкладання сигналу, тобто порядку вейвлет-перетворення, то у літературі [8, с. 14] підкреслюється наявність взаємозв'язку між кількістю спостережень у ряді та кількістю рівнів розкладання сигналу. Необхідним є виконання наступної нерівності.

$$N \geq 2^{j+2},$$

де N – кількість спостережень;

j – кількість рівнів розкладання.

За умови, що за всіма індикатором валютного ринку України наявною є їх динаміка у щомісячному розрізі за період з січня 2002 року до грудня 2009 року (96 рівнів), для вейвлет –перетворення динаміки визначеного показника пропонується використовувати 4 рівня розкладання. На рис. 3а, б, в, г, д наведено розкладання динаміки індикатора ВРУ.

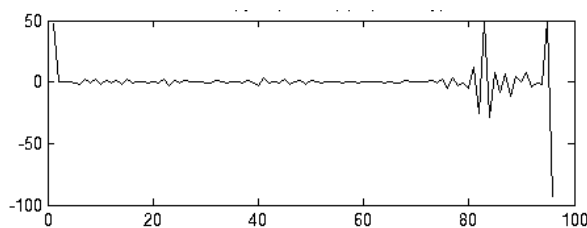


Рис. 3а. Деталізуючі коефіцієнти на першому рівні

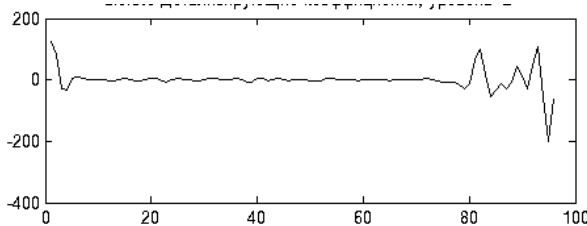


Рис. 3б. Деталізуючі коефіцієнти на другому рівні

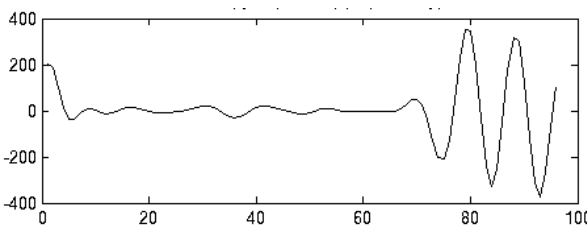


Рис. 3в. Деталізуючі коефіцієнти на третьому рівні

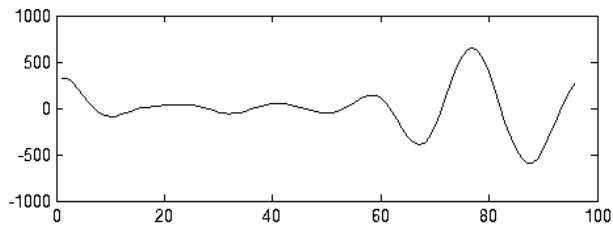


Рис. 3г. Деталізуючі коефіцієнти на четвертому рівні

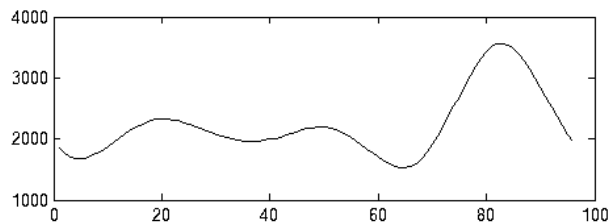


Рис. 3д. Апроксимуючі коефіцієнти на четвертому рівні

Наведені рисунки свідчать про можливість прогнозування динаміки кожного з ряд, отриманих у результаті розкладання вихідного індикатора, оскільки аналіз дозволив виділити тренд та шумову складову.

Висновки

На основі проведеного дослідження у роботі сформовано наступні висновки:

- аналіз особливостей дослідження динаміки валютного ринку України показав, що для моделювання динаміки зазначеного індикатора доцільним є використання дискретного вейвлет-перетворення ряду;
- аналіз тенденцій розвитку ВРУ показав, що для розкладання динаміки зазначеного індикатора доцільно використовувати біортогоний вейвлет bior3.9 ; кількість ступенів розкладання доцільно прийняти рівним чотирьом.

– вейвлет-розкладання сигналу дозволило виділити високочастотні та низькочастотні складові динаміки індикатору ВРУ. При цьому, оскільки ряд найбільш високочастотної складової характеризується близьким до нуля значенням математичного очікування та близьким до нуля значенням дисперсії, то цю складову можна вважати випадковою. Окремо треба зазначити, що кризові явища, що були характерними для валютного ринку України наприкінці аналізованого періоду відбиваються на динаміці кожного з виділених рівнів, однак згладжена складова (динаміка апроксимуючих показників) характеризується періодичними коливаннями динаміки з різною амплітудою, що свідчить про можливість прогнозування схильності ринку до кризових явищ у визначені періоди. У якості подальших напрямів дослідження пропонується прогнозування динаміки коефіцієнтів, отриманих у результаті вейвлет-розкладання індикатору ВРУ зі здійсненням подальшого оберненого перетворення для отримання прогнозу даного показника. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук, 1996. – т. 166, №11. – С. 1145 – 1170.
2. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
3. Дремин И. М., Иванов О. В., Нечитайло В. А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, №5. – С. 465 – 501.
5. Стрижиченко К. А., Дмитрусенко К. О. Дослідження взаємодії складових фінансового ринку в період фінансової кризи // Бізнес Інформ»ю. – 2010. – №4(1). – С. 104 – 108.
6. Шитов А. Б. Разработка численных методов и программ, связанных с применением вейвлет-анализа для моделирования и обработки экспериментальных данных: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Ивано-Ново, 2001. – 125 с.
7. Crowley P. M., Lee J. Deconposing the comovement of the business cycle: a time-frequency analysis of growth cycles in the euro zone. – Macroeconomics, 2005. – 73 p.
8. Harry M. Markowitz. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. – New York: John Wiley. – 1991.
9. Masset P. Analysis of Financial Time-Series using Fourier and Wavelet Methods // <http://ssrn.com/abstract=1289420>.
10. Tobin J. The Theory of Portfolio Selection. – London: Macmillan & Co. – 1965.