

**ЛІТЕРАТУРА**

**1. Андрейчиков А. В.** Анализ, синтез, планирование решений в экономике : уч. пос. / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова.– М. : Финансы и статистика, 2002.– 368 с.

**2. Балдин К. В.** Управленческие решения: теория и технология принятия : учебник. для вузов. / К. В. Балдин, С. Н. Воробьев.– М. : Проект, 2004.– 304 с.

**3. Бестужев-Лада И. В.** Экспертный сценарно-прогностический мониторинг: разработка сценариев / И. В. Бестужев-Лада // Социологические исследования.– 1993.– № 11.– С. 87 – 90.

**4. Горелова Г. В.** Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Горелова Г. В., Захарова Е. Н., Гинис Л. А.– Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2005.– 288 с.

**5. Коврига С. В.** Методические и аналитические основы когнитивного подхода к SWOT-анализу // Проблемы управления.– 2005.– № 5.– С. 58 – 63.

**6. Костырко Л. А.** Методологические основы финансовой оценки устойчивости и платежеспособности предприятия // Вісник Східноукраїнського національного університету. 2001.– № 12(46).

**7. Кулинич А. А.** «Методология когнитивного моделирования сложных плохо определенных ситуаций». Вторая международная конференция по проблемам управления (17 – 19 июня 2003 г., ИПУ РАН, Москва 2003 г.), избранные труды, т. 2, С. 219 – 226.

**8. Кулинич А. А.** Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» // Программные продукты и системы.– 2002.– № 3.

**9. Кульба В. В.** Методы формирования сценариев развития социально-экономических систем / В. В. Кульба, Д. А. Кононов, С. А. Косяченко, А. Н. Шубин.– М. : СИНТЕГ, 2004.– 291 с.

**10. Негашев Е. В.** Анализ финансов предприятия в условиях рынка.– М. : Высшая школа, 1997.– 192 с.

**11. Тищенко В. В.** Характеристика финансовой устойчивости предприятия // Економічний вісник донбасу.– 2004.– № 1.

**12. Шеремет А. Д.** Методика финансового анализа.– М. : Высшая школа, 1995.– 216 с.

**13.** [http://www.cfin.ru/press/afa/2001-2/21\\_cher.shtml](http://www.cfin.ru/press/afa/2001-2/21_cher.shtml)

**14.** <http://www.iis.ru/events/19981130/maximov.ru.html>

**15.** <http://www.ipu.ru/labs/lab51/projects.htm>

**16.** <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/135.pdf>

УДК 330.46; 519.86

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕЛІНІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВАЛЮТНИХ РИНКІВ

**ПІСКУН О. В.**

*кандидат технічних наук*

**Черкаси**

В умовах активної інтеграції та глобалізації міжнародний валютний ринок набуває вагомого значення у діяльності економічних суб'єктів. Держава повинна постійно слідкувати та регулювати національний валютний курс відповідно до стратегічних цілей країни. З позиції міжнародних корпорацій, валютний ринок є джерелом високого ризику, оскільки вони постійно мають справу не з однією, а з цілим кошиком валют і залежать від волатильного обмінного курсу. Фізичним особам також не уникнути валютного впливу. Вартість відпочинку за кордоном, ціни на імпортні товари та структура збережень мають пряму залежність від ситуації на валютному ринку. Тому проблема моніторингу стану ринку має важливе значення.

Класичні економетричні методи, що потребують спрощень та ідеалізацій, не в змозі ефективно досліджувати складні нелінійні системи такого роду. Методи рекурентного аналізу, на відміну від останніх, не є критичними до довжини, стаціонарності часових рядів і працюють з будь-який розподілом.

Методи нелінійного аналізу, такі як рекурентні діаграми та рекурентний кількісний аналіз, що не вимагають спрощень досліджуваної системи, вже знайшли досить широке застосування в економіці. Наприклад,

Куртсоу та Ворлов [1] застосували їх для дослідження динаміки американських макроекономічних часових рядів. Холіст і Цебровська [2], Пекар [3], Збілут [4] використовували дані методи для виявлення природи поведінки фінансового ринку. Строззі [5, 6] застосував рекурентний кількісний аналіз для оцінки волатильності та корельованості валютних пар, Фабретті та Ауслус [7] – для виявлення критичного режиму та оцінки точки початку роздування «бульбашок» на фінансових ринках. Бастос і Кайдо [8] досліджували взаємозалежності між фондовими ринками, а також їхньою поведінкою під час критичних подій.

Метою даної роботи є вивчення здатності міри ламинарності рекурентного кількісного аналізу відображати зміни стану валютного ринку в режимі реального часу.

У 1987 році Екман і співавтори [9] на основі теорії рекурентності запропонували інструмент для відображення поведінки системи у  $m$ -мірному фазовому просторі, що дістав назву рекурентна діаграма (RP).  $M$ -мірна фазова траєкторія станів системи  $\vec{x}(t)$  завдовжки  $N$  відображається на двовимірну квадратну двійкову матрицю розміром  $N \times N$ , в якій 1 (чорна точка) відповідає повторенню стану при деякому часі  $i$  в деякий інший час  $j$ , а обидві координатні осі є осями часу:

$$R_{i,j}^{m,\varepsilon_i} = \Theta(\varepsilon_i - \|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|), \vec{x} \in \mathcal{X}^m, i, j = 1, \dots, N, \quad (1)$$

де  $N$  – кількість досліджуваних станів  $x_i$ ;  $\varepsilon_i$  – розмір околиці точки  $\vec{x}$  у момент  $i$ ;

$\|\cdot\|$  – норма та  $\Theta(\cdot)$  – функція Хевісайда.

Збілут та Вебер [10, 11] розробили набір кількісних мір, які розраховуються на базі *RP*. Вони визначили міру рекурентності (*RR*), детермінізм (*DET*), середню довжину діагональної лінії (*L*), дивергенцію (*DIV*), ентропію (*ENTR*) і тренд (*TREND*). У 1999 році Гао [12] запропонував міри часової статистики: час завмирання 1 (*T1*) та час завмирання 2 (*T2*). Марван та співавтори [13] розробили міри ламінарності (*LAM*) і час завмирання (*TT*). Представлені міри сформували рекурентний кількісний аналіз (*RQA*).

Стандартний метод розрахунку мір *RQA* передбачає декілька етапів [14]. Спочатку нормалізується ряд даних. Потім будується *RP*. З неї вирізається вікно (квадратна матриця), розмір якого визначається параметром «window size». На його основі проводиться розрахунок мір і запис отриманих точок. Потім вікно переміщується на одну точку далі, міри розраховуються знову та наступні точки записуються. Цей процес триває до моменту досягнення вікном останньої точки *RP*.

Для проведення моніторингу в режимі реального часу розрахунок мір повинен здійснюватись кожен день (у разі щоденних даних). Наприклад, береться ряд довжиною 1000 добових значень. Остання точка ряду є дані на сьогоднішній день. Обчислюється міра *LAM* і записується лише остання точка. Дана точка відображає поточний стан ринку, оскільки вона була розрахована на основі періоду з теперішнього часу до деякого часу в минулому. Завтра ряд у 1000 значень пересувається на одну точку праворуч (наступна точка дописується, а перша вилучається з ряду). Розрахунок *LAM* проводиться знову та записується остання точка. Для подальших днів процедура повторюється. У результаті отриманий графік ламінарності буде інструментом для моніторингу стану ринку [15].

Для дослідження властивостей такої ламінарності пропонується симулювати процес моніторингу в режимі реального часу. Для цього візьмемо, наприклад, ряд довжиною 3000 значень. Виберемо довжину частини ряду, що слугуватиме початковим вікном (*LPR*), 1500 значень. Беремо цю частину ряду (з 1 по 1500 точки),

нормалізуємо її та будуюмо *PR*. Далі розраховуємо міру *LAM* уже зі своїм параметром «window size» у 250 точок та записуємо останнє значення. Потім беремо наступну частину ряду (з 2 по 1501 точки), нормалізуємо її, будуюмо *RP*, розраховуємо міру *LAM* і записуємо останнє значення. Ця процедура повторюється до моменту досягнення вікном *LPR* останньої точки *RP*. Отриманий кінцевий графік *LAM* ідентичний тому, що був би отриманий при проведенні розрахунків у реальному часі.

Проаналізуємо валютні ринки за допомогою міри *LAM* рекурентного кількісного аналізу. Для цього були взяті ряди котирувань валютних пар AUD/USD, EUR/USD, GBP/USD, USD/CAD, USD/CHF, USD/JPY (<http://finance.yahoo.com/>). Довжина кожного ряду становить 3500 значень на останню дату 27.01.2012 року.

Для розрахунку міри *LAM* використовуються стандартний (стаціонарний) та новий (симулювання режиму реального часу) алгоритми, довжина частини ряду *LPR* дорівнює 2000 точок. Ламінарність, розрахована за стандартним методом, дає повну картину поведінки ринку за конкретний період. «Нова» *LAM* відображає аналіз ринку в процесі його щоденного моніторингу. Таким чином, якщо дві міри *LAM* будуть виявляти одні й ті ж періоди функціонування ринку, це буде свідчити про придатність рекурентного кількісного аналізу для дослідження валютного ринку в режимі реального часу.

Розглянемо пару EUR/USD за період з 15.01.2002 по 27.01.2012 (рис. 1). Представлена валютна пара має період кризових явищ і релаксації після краху NASDAQ, період нормального функціонування, період нестабільності, кризи, релаксацію та нові кризові явища. «Нова» міра дещо відрізняється від стандартної, особливо впродовж перших трьох періодів ( $x = 1500 - 2513$ ). Разом з тим, настання кризи, релаксації та нових кризових явищ може бути чітко ідентифіковано. Тому даний інструмент придатний для моніторингу стану валютного ринку, хоча і потребує подальших досліджень.

Часові характеристики валютної кризи 2007 – 2010 років, що були отримані за допомогою стандартної міри *LAM*, представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Часові характеристики кризи 2007 – 2010 років

Валютна пара	Період нормально-го функціонування	Період нестабільності	Криза	Початок релаксації	Поява кризових явищ	Період кризи, днів
AUD/USD	12.09.2005 – 13.08.2007	14.08.2007 – 27.07.2008	28.07.2008 – 02.06.2009	03.06.2009	29.07.2011	295
EUR/USD	22.12.2005 – 20.04.2008	21.04.2008 – 30.11.2008	01.12.2008 – 09.06.2009	10.06.2009	05.05.2010	175
GBP/USD	22.12.2005 – 13.09.2007	14.09.2007 – 16.09.2008	17.09.2008 – 31.03.2009	01.04.2009	–	190
USD/CAD	09.02.2006 – 22.09.2007	23.09.2007 – 04.11.2008	05.11.2008 – 20.06.2009	21.06.2009	29.07.2011	210
USD/CHF	22.12.2005 – 11.03.2008	12.03.2008 – 15.12.2008	16.12.2008 – 06.08.2009	07.08.2009	10.05.2010	210
USD/JPY	22.12.2005 – 03.10.2007	04.10.2007 – 28.07.2008	29.07.2008 – 09.06.2009	10.06.2009	–	300

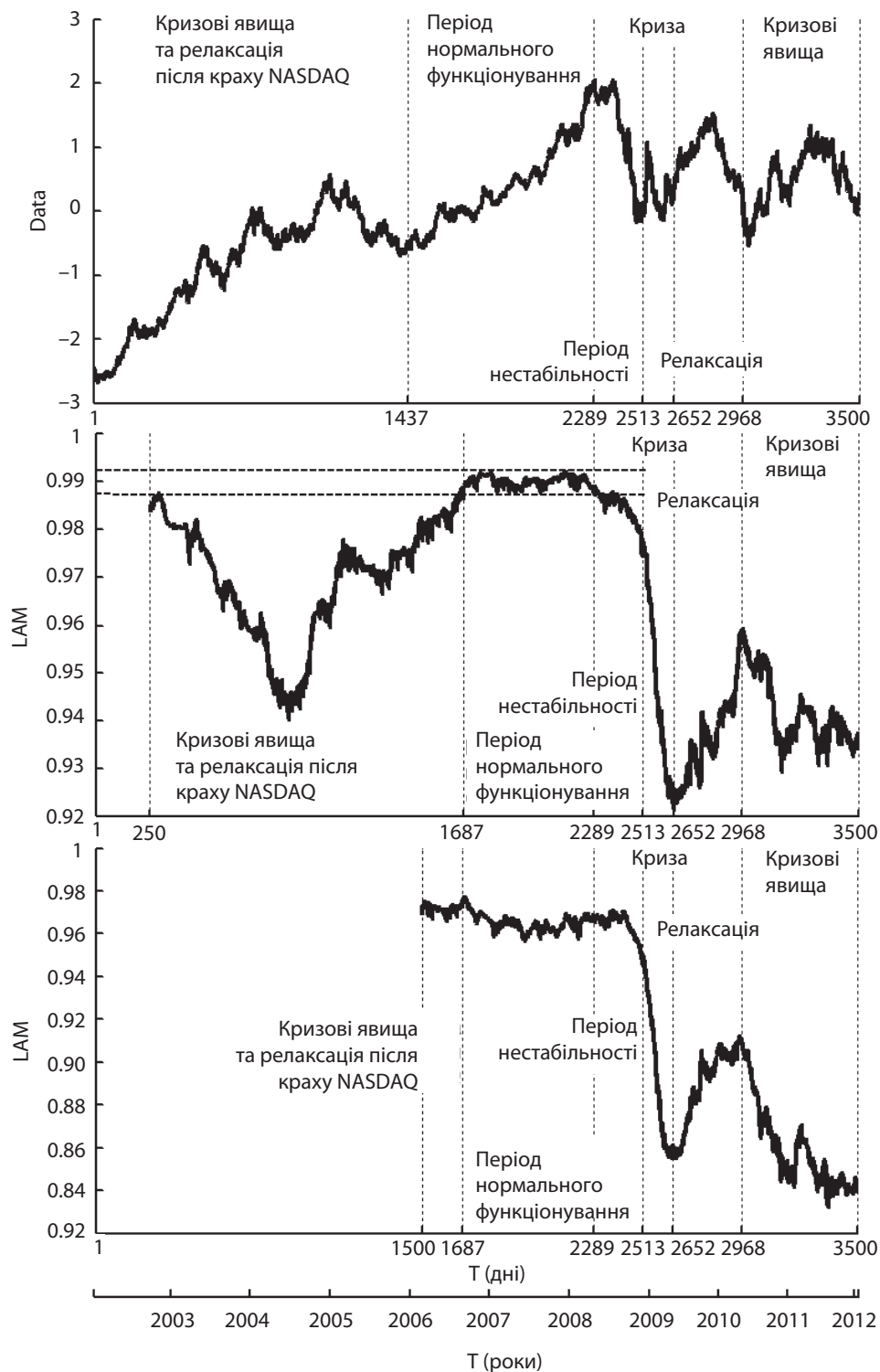


Рис. 1. EUR/USD з 15.01.2002 по 27.01.2012 рр. та відповідні міри LAM

Чотири валютні пари – EUR/USD, GBP/USD, USD/CHF та USD/JPY повністю відтворилися після краху NASDAQ в один і той самий день. AUD/USD перейшла до нормального режиму функціонування за кілька місяців до зазначених валют, а USD/CAD – на пару місяців пізніше за них. Період нестабільності почався у третьому та четвертому кварталах 2007 року для AUD/USD, GBP/USD, USD/CAD та USD/JPY. Пізніше, у 2008 році він з'явився на EUR/USD та USD/CHF. Криза настала у другій половині 2008 року. Перші пари, які її відчули, були

AUD/USD та USD/JPY. Потім вона торкнулась GBP/USD, USD/CAD, EUR/USD та USD/CHF. Ринки перейшли у фазу релаксації в середині 2009 року. GBP/USD була перша пара, що вийшла з кризи (01.04.2009). За нею AUD/USD, EUR/USD, USD/CAD та USD/JPY – у шостому місяці та USD/CHF – у восьмому. Перейти до нормального режиму функціонування вдалося лише парі USD/JPY – 20.02.2011. GBP/USD й досі знаходиться у фазі релаксації, а усі інші валюти переживають нові кризові явища. Для EUR/USD та USD/CHF вони з'явилися 05.05.2010 р.

та 10.05.2010 р. відповідно, що свідчить про погіршення ситуації на валютному ринку Європи. AUD/USD та USD/CAD відчували кризові явища одночасно – 29.07.2011, що вказує на втрату стабільності американської валюти. Найдовший кризовий період мають AUD/USD та USD/JPY – 295 та 300 фінансових днів відповідно. USD/CAD та USD/CHF переживали її 210 днів. Найкоротший період кризи спостерігається для пар EUR/USD та GBP/USD – менше 200 днів.

Відповідно до табл. 1 дати початку нестабільності та кризи різняться між валютними парами. З іншого боку, проглядається загальна тенденція поведінки ринків. Тому для того, щоб говорити про рівень синхронізації валютних курсів, потрібне додаткове дослідження.

Після розгляду часових характеристик кризи на валютних ринках перейдемо до її кількісних характеристик, що були отримані за допомогою «нової» LAM (табл. 2).

Таблиця 2

Кількісні характеристики кризи 2007 – 2010 років

Індекс	LAM періоду нормально-го функціонування	LAM мінімум	Падіння LAM	Падіння LAM, %
AUD/USD	0,955 – 0,979	0,81	0,145	15,18
EUR/USD	0,955 – 0,979	0,854	0,101	10,57
GBP/USD	0,956 – 0,979	0,877	0,079	8,26
USD/CAD	0,962 – 0,984	0,871	0,091	9,45
USD/CHF	0,952 – 0,982	0,848	0,104	10,92
USD/JPY	0,935 – 0,959	0,836	0,099	10,58

Значення LAM періоду нормального функціонування досить схожі для аналізованих пар. Винятком є лише USD/JPY. Відділ валютного регулювання в Японії проводить політику дешевої єни. Можливо, саме через жорсткий нагляд USD/JPY має більш низькі значення LAM.

Аналізуючи кількісні характеристики, можна сказати, що найважчою криза була для AUD/USD, тому що вона має найсильніше падіння LAM. Усі інші валютні пари мають менше зниження міри та різняться у два відсотки, тому вони легше пережили кризу. У випадку фондових ринків даний висновок був би правильним, але для валюти це не завжди вірно. Кожна пара містить вартості двох різних валют. Коли одна вартість знижується, а інша константа – флуктуації курсу пари стають турбулентними. Проте, коли обидві вартості падають, волатильність ринку не буде істотно збільшуватись, тому що обмінний курс залишиться більш-менш стабільним. Тому для того, щоб оцінити, яка саме валютна пара найтяжче переживала кризу, необхідно дослідити динаміку зміни вартості окремих валют.

## ВИСНОВКИ

У роботі були проаналізовані основні валютні пари методом RQA, що дало змогу виділити часові характеристики кризи 2007 – 2010 років. Поточна ситуація на ринку також була оцінена. За допомогою застосування

нового алгоритму розрахунку міри LAM, що симулює процес аналізу даних у режимі реального часу, було встановлено придатність методу RQA для моніторингу валютного ринку. ■

## ЛІТЕРАТУРА

- Kyrtsou C.** Complex Dynamics in Macroeconomics: A Novel Approach / C. Kyrtsou, C. E. Vorlow // C. Diebolt and C. Kyrtsou, eds. *New Trends in Macroeconomics*.– Berlin: Springer-Verlag, 2005.– p. 223 – 238.
- Holyst J. A.** Recurrence plots and hurst exponents for financial markets and foreign-exchange data / J. A. Holyst, M. Zebrowska // *International Journal of Theoretical and Applied Finance*.– 2000.– V. 3.– № 3.– P. 419.
- Pecar B.** Visual recurrence analysis as an alternative framework for time series characterization / B. Pecar // *Computer Finance and its Applications*.– WIT Press, 2004.– P. 241 – 252.
- Zbilut J. P.** Use of Recurrence Quantification Analysis in Economic Time Series / J. P. Zbilut // *New Economic Windows: Economics – Complex Windows*, Eds.: M. Salzano, A. Kirman.– Milan: Springer, 2005.– P. 91 – 104.
- Strozzi F.** Application of non linear time series analysis techniques to high frequency currency exchange data / F. Strozzi, J. M. Zaldivar, J. P. Zbilut // *Physica A*.– 2002.– № 312.– P. 520 – 538.
- Application of non-linear time series analysis techniques to the nordic spot electricity market data / F. Strozzi, E. Gutierrez, C. Noè et al.– *Liuc Papers n. 200 – Serie Tecnologia* 11, marzo.– 2007.– 51 p.
- Fabretti A.** Recurrence plot and recurrence quantification analysis techniques for detecting a critical regime. Examples from financial market indices / A. Fabretti, M. Ausloos // *Int. J. Mod. Phys. C*.– 2005.– V. 16.– № 5.– P. 671 – 706.
- Bastos J. A.** Recurrence quantification analysis of global stock markets / J. A. Bastos, J. Caiado // *Physica A*.– 2011.– V. 390.– № 7.– P. 1315 – 1325.
- Eckmann J. P.** Recurrence Plot of dynamical system / J. P. Eckmann, S. O. Kamphorst, D. Ruelle // *Europhys. Lett.*– 1987.– № 5.– P. 973 – 977.
- Zbilut J. P.** Embeddings and delays as derived from quantification of recurrence plots / J. P. Zbilut, C. L. Webber // *Physics Letters A*.– 1992.– № 171.– P. 199 – 203.
- Webber C. L.** Dynamical assessment of physiological systems and states using recurrence plot strategies / C. L. Webber, J. P. Zbilut // *J. Appl. Physiol.*– 1994.– V. 76.– № 2.– P. 965 – 973.
- Gao J. B.** Recurrence time statistics for chaotic systems and their applications / J. B. Gao // *Phys. Rev. Lett.*– 1999.– V. 83.– № 16.– P. 3178 – 3181.
- Recurrence plot based measures of complexity and its application to heart rate variability data / N. Marwan, N. Wessel, U. Meyerfeldt et al. // *Phys. Rev. E*.– V. 66.– № 2.– 026702.
- Recurrence plots for the analysis of complex systems / N. Marwan, M.C. Romano, M. Thiel, J. Kurths // *Physics Reports*.– 2007.– № 438.– P. 237 – 329.
- Piskun O.** Recurrence Quantification Analysis of Financial Market Crises and Crashes [Електронний ресурс] / O. Piskun, S. Piskun.– Режим доступу: <http://arxiv.org/pdf/1107.5420.pdf>