

УДК 330.4, 336

«ALERT»-ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ҐРУНТУЮТЬСЯ НА ТЕОРІЇ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ В ЕКОНОМІЧНИХ ЗАДАЧАХ

О.К. ЛОПАТІН

Запропоновано «Alert»-технологію (технологію попередження) для економічних та фінансових процесів, що задані числовими рядами. Показано, що на основі запропонованої методології використання старших показників Ляпунова (СПЛ) можна створити ефективну «Alert»-технологію виявлення критичних явищ в економічних та фінансових процесах.

ВСТУП

Розробка «Alert»-технології (технології попередження) для економічних та фінансових процесів є складною та вкрай необхідною задачею. Основна складність полягає в урахуванні величезної кількості факторів, через які може виникнути кризове явище. Отже, виникає необхідність розглядати ці події як результати функціонування єдиної системи. Стандартні підходи лише прогнозують майбутнє значення одного з показників системи, але нічого не кажуть про стан системи. Наприклад, за допомогою найпоширенішої технології VaR (Value at Risk) можна встановити інтервал, в якому може опинитися прогнозована величина. Але, якщо система перебуває в кризовому стані такий прогноз є небезпечним: у ній може бути присутня сильна залежність від початкових умов, як наслідок, найменша неточність може призвести до зовсім протилежних результатів. А використання прогнозу на певний період у майбутньому, взагалі може призвести до фатальних наслідків.

Розробки «Alert»-технологій є важливим завданням не тільки для фінансових установ, але й для держави в цілому. Підтвердженням цього є світова фінансова криза 2007–2009 рр.

Ця робота є розвитком досліджень із застосування апарату хаотичної динаміки [1] для системного аналізу кризових явищ в економіці [2]–[4]. Тут простежуються три етапи:

1. Побудова статистичних циклів для критичного явища, яке представлено тимчасовими рядами (неформальний етап).
2. Кількісна оцінка — стан досліджуваної системи за допомогою спеціальних статистик (V- і LHI- статистик) і методами теорії динамічних систем.
3. Кількісна оцінка стану досліджуваної системи на основі побудови старших показників Ляпунова (СПЛ) на виділених циклах.

Отже, ми приходимо до такої задачі: на основі запропонованої методології використання СПЛ можна створити ефективну «Alert»-технологію виявлення критичних явищ в економічних та фінансових процесах. Але потрібно розуміти, що справжній системний аналітик повинен оперувати не тільки «голими» формулами, але й використовувати системний підхід.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Мета роботи — на основі сучасних методів теорії динамічних систем та теорії хаосу дати конструктивні «кількісні» критерії виникнення кризових явищ в економіці.

Розробити ефективну математичну модель для дослідження та виявлення кризових явищ в економічних процесах на основі побудови СПЛ на статистичних циклах досліджуваної системи. В якості реальної моделі було використано DJI (індекс Доу Джонса) та S&P500, а також курс долара відносно євро [5] для аналізу початкової стадії фінансової кризи в США 2007–2008 рр. Відправною точкою цієї кризи є іпотечна криза в США 19 липня 2007 р. та 15 серпня 2007 р.

АНАЛІЗ РЕАЛЬНИХ ДАНИХ (НА ПРИКЛАДІ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ В США)

Аналіз реальних даних — це не лише використання «сухих» формул та теорії. Системний аналітик повинен також використовувати здоровий глузд і чітко розуміти властивості та особливості даних, які використовуються. У цьому випадку необхідно провести аналіз не тільки даних, але і ключових подій в американській економіці. Тільки тоді можна інтерпретувати отримані результати.

Основними економічними показниками для США є індекси DJI та S&P500, а також курс долара відносно євро.

Основні причини економічної кризи в США (хронологічний порядок):

1. Банкрутство фірми Bear Stearns (Міжнародна інвестиційна та торгова група) (24 березня 2008 р.).
2. Зупинення рейсів наступних американських авіакомпаній Aloha Airlines, Champion Air, ATA Airlines and Skybus Airlines (квітень 2008 р.).
3. Криза на міжнародних біржах (21 січня 2008 р.).
4. Іпотечна криза в США (два періоди): 19 липня 2007 р. та 15 серпня 2007 р.

Постійний вплив на економіку США мають такі фактори:

1. Ціна на пальне (рис. 2).
2. Воєнні дії в Іраку.

Щоб ефективно провести аналіз необхідно чітко визначити області для аналізу, виділити статистичні цикли [7]–[9]. Основна ідея полягає в тому, щоб визначити локальні значення показника Ляпунова та порівняти результати із показником усєї системи. І вже для визначених періодів розрахуємо показник Ляпунова.

Для вирішення цього завдання скористаємося методом Херста, оскільки він дуже добре виокремлює різні види циклів. Варто зауважити, що зазначений метод не завжди дає можливість чітко виділити кінець одного і початок іншого циклу. Крім того, якщо детально аналізувати графік, то можна помітити цикли в циклах. Щоб уникнути таких проблем, системному

аналітику необхідно проводити аналіз не «пустими» формулами, а й використовувати реальні дані, наприклад, дати ключових подій. І, аналізуючи цикли, порівнювати отримані результати з реальними датами.

У вказаний період можна виділити п'ять (DJI) (рис. 1), чотири (S&P500) (рис. 2) і три (USDEUR FX) (рис. 3) основних статистичних циклів, виділених на рисунках похилими лініями. Перенесемо знайдені періоди на графіки еволюції DJI та S&P500, а також курс долару відносно євро (рис. 1, 2, 3).

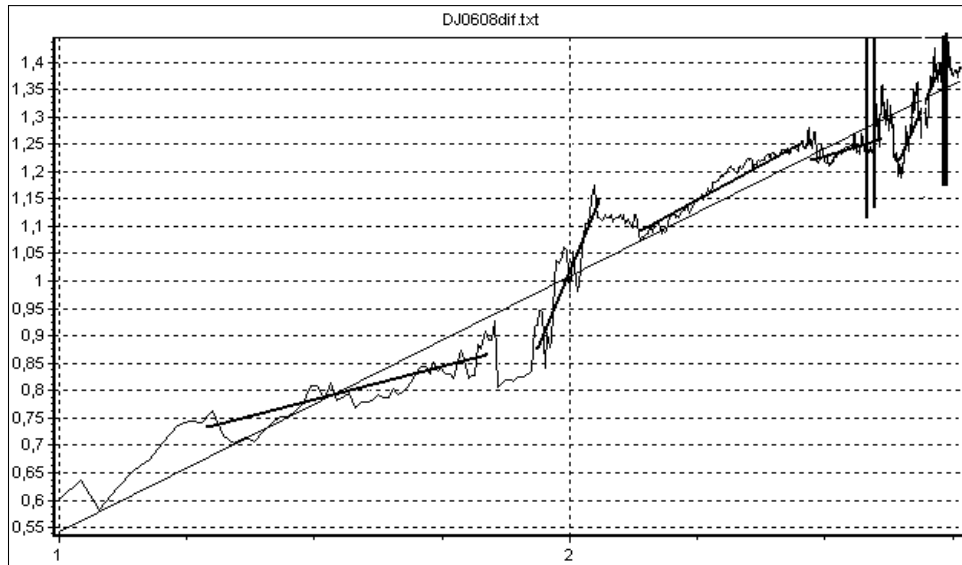


Рис. 1. Показник Херста індексу DJI за період із 1 січня 2006 р. по 27 квітня 2008 р. (вертикальні лінії — основні події в економіці США, похилі — періоди)

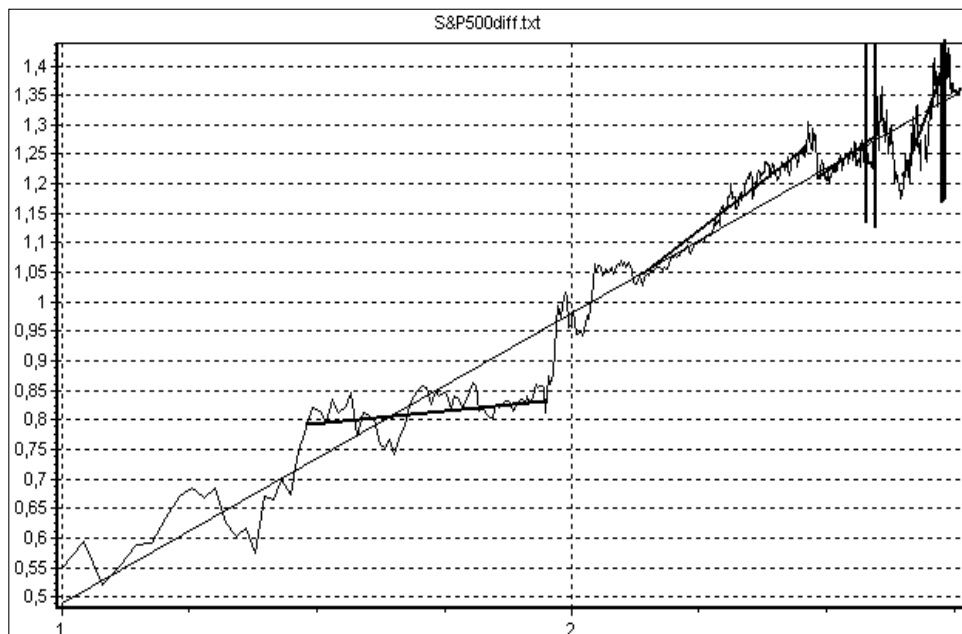


Рис. 2. Показник Херста індексу S&P500 за період із 1 січня 2006 р. по 27 квітня 2008 р. (вертикальні лінії — основні події в економіці США, похилі — періоди)

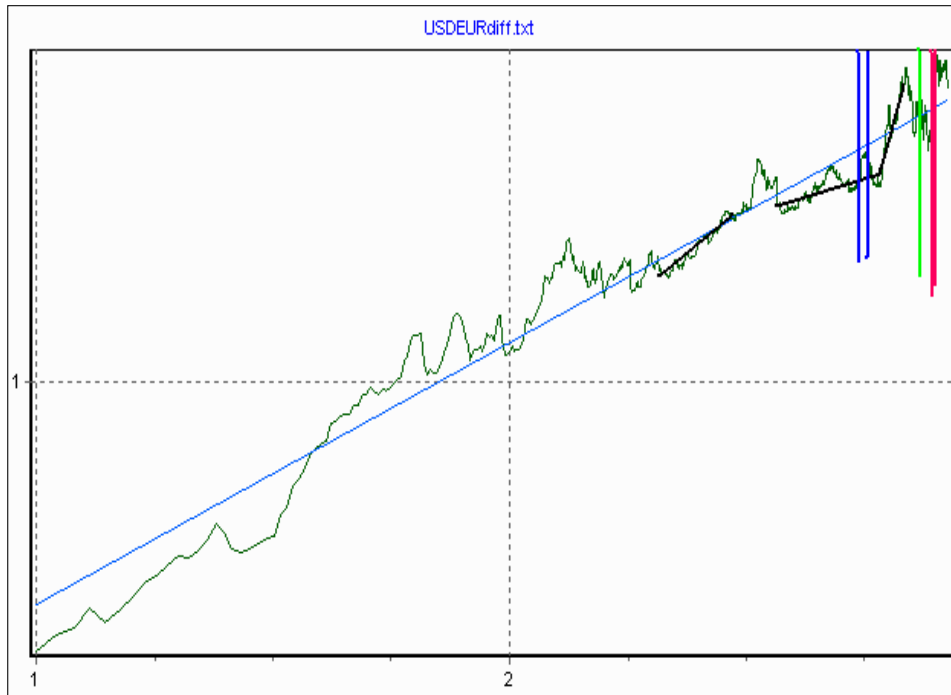


Рис. 3. Показник Херста долар/євро (USDEUR FX) за період із 1 січня 2006 р. по 27 квітня 2008 р. (вертикальні лінії — основні події в економіці США, похилі — періоди)



Рис. 4. Індекс DJI за період із 1 січня 2006 р. по 27 квітня 2008 р. (вертикальні лінії — основні події в економіці США, лінії з цифрами — початок та кінець статистичного циклу)

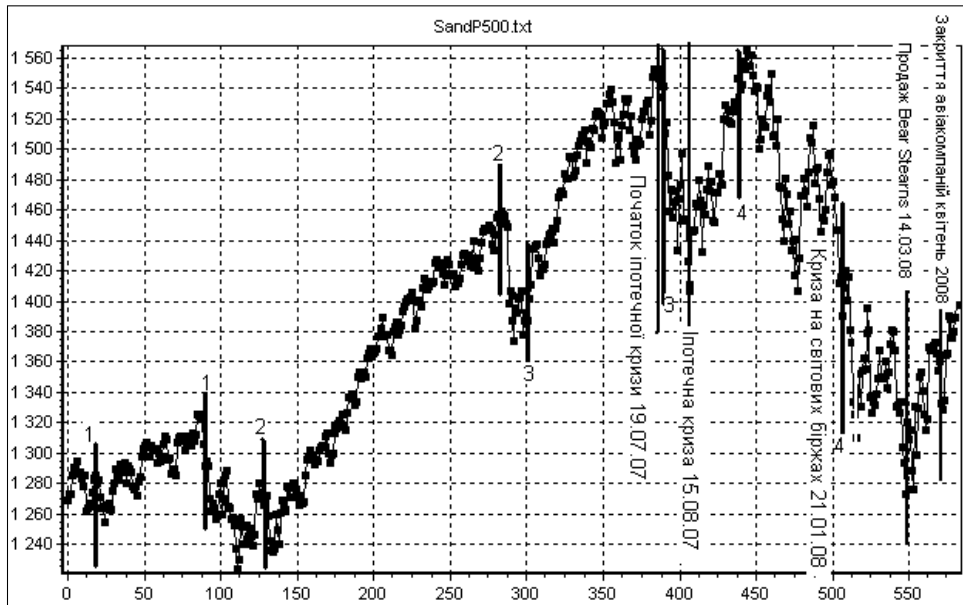


Рис. 5. Індекс S&P500 за період із 1 січня 2006 р. по 27 квітня 2008 р. (вертикальні лінії — основні події в економіці США, лінії з цифрами — початок та кінець статистичного циклу)

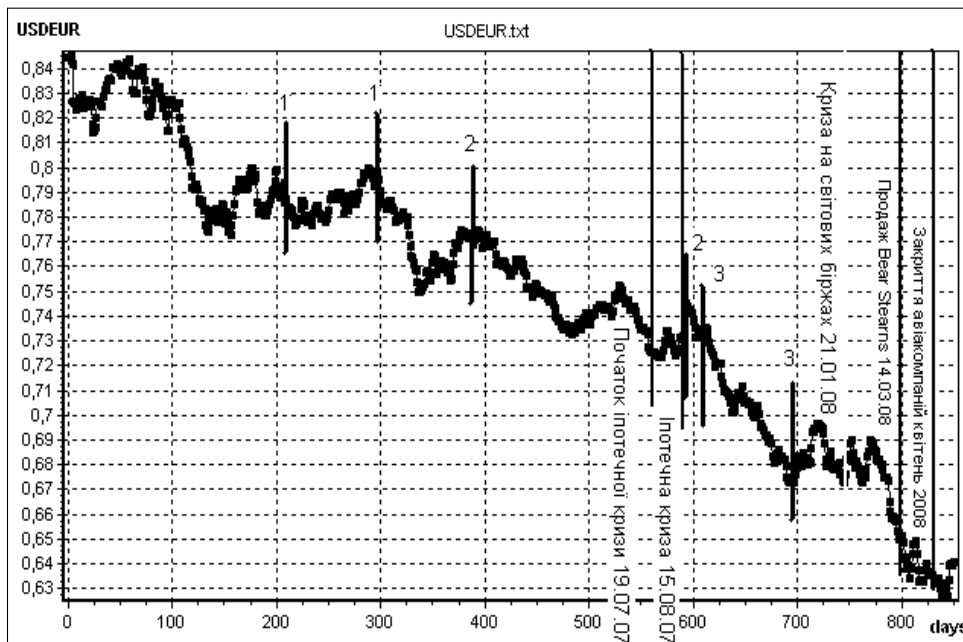


Рис. 6. Курс USDEUR FX за період із 1 січня 2006 р. по 27 квітня 2008 р. (вертикальні лінії — основні події в економіці США, лінії з цифрами — початок та кінець статистичного циклу)

Було розраховано СПЛ для кожного періоду та порівняно його із загальним показником Ляпунова всієї системи. Результати обчислення СПЛ на виділених циклах наведені в таблиці. Також було використано алгоритм роботи [6], програмно реалізований магістрантом М. Сладким.

Таблиця. Результати тестувань

DJI	S&P500	USDEUR FX
$\lambda_{\text{заг}} = 0,53867$	$\lambda_{\text{заг}} = 0,8172$	$\lambda_{\text{заг}} = 0,075$
$\lambda_{1,2} = 0,6734$	$\lambda_1 = 0,376$	$\lambda_1 = 0,2203$
$\lambda_3 = 0,1464$	$\lambda_2 = 0,1344$	$\lambda_2 = 0,2848$
$\lambda_4 = 0,4491$	$\lambda_3 = 0,502$	$\lambda_3 = 0,208$
$\lambda_5 = 0,7226$	$\lambda_4 = 0,6206$	$\lambda_{\text{зал}} = 0,2727$

Відомо, що для режиму динамічного хаосу характерна наявність експоненціальної нестійкості траєкторій, кількісною мірою якої є позитивний Ляпуновський показник, який характеризує ступінь чутливості системи до вибору початкових умов [1]. Число позитивних експонент в спектрі Ляпуновських показників визначається кількістю нестійких напрямів періодичних орбіт, вбудованих в хаотичних аттрактор, хоча можливі і складніші ситуації (що полягають у співіснуванні періодичних орбіт з різним числом нестійких напрямів).

ВИСНОВКИ

Отже, показник Ляпунова насправді реагує на кризисні явища, оскільки саме тоді в системі домінує хаотичний рух. Потрібно зазначити, що за допомогою показника Херста не завжди можна виділити всі ключові цикли. Особливо це відноситься до останніх днів (рис. 2, 3). Це спричинено недостатністю даних на останніх днях. Крім того, якщо детально аналізувати графік, то можна помітити цикли в циклах, тому важко визначити кінець одного, або початок другого циклу. Щоб уникнути таких проблем, аналіз проводився не «пустими» формулами, а використовувалися реальні дані (дати ключових подій).

Для індексу DJI були отримані найкращі результати — поступове збільшення показника Ляпунова. Важливим є те, що на спокійному 3 періоді (рис. 4) показник Ляпунова виявився найменшим, а на останньому перевищив показник усієї системи. Для періоду, що включає всі ключеві події, показник Ляпунова склав $\lambda_{\text{зал}} = 0,588$ порівняно з $\lambda_{\text{заг}} = 0,53867$.

Для індексу S&P500 ми отримали поступове зростання показника Ляпунова для розрахованих періодів. Показник λ не перевищив $\lambda_{\text{заг}}$ (усієї системи). Але, необхідно зазначити, що для періоду, що включає всі ключеві події, показник Ляпунова склав $\lambda_{\text{зал}} = 0,8630$ порівняно з $\lambda_{\text{заг}} = 0,8172$.

Для курсу USDEUR було виявлено, що дана система постійно перебуває в сталому хаотичному стані, оскільки на кожному із вказаних періодів ми отримали значне збільшення показника Ляпунова щодо загального значення. Це свідчить про те, що курс USDEUR постійно коливається. Основна причина такого явища полягає в тому, що, не дивлячись на загальну економічну кризу в США, багато країн світу (в тому числі і Україна) змушені виконувати свої зобов'язання по взятим кредитам. Одним із цих зобов'язань є

підтримка американського долара. Крім того, такі потужні країни сходу, як Китай та Індія, більшість торгових операцій проводять у доларах. Тобто, з одного боку, долар намагається «задовольнити» кризу, а з іншого — його постійно «підтримують». Також, необхідно додати всі чутки, які оточують цю валюту. І знову результат обчислень показника Ляпунова для періоду, що включає всі ключові події, складає $\lambda_{\text{зал}} = 0,2727$ порівняно з $\lambda_1 = 0,2203$, $\lambda_2 = 0,2848$, $\lambda_3 = 0,208$.

Отже, можна зробити такі остаточні висновки із проведених розрахунків. Отримані результати точно відображають реальну економічну ситуацію, що склалася на американських та світових біржах на сьогодні. Показник Ляпунова доцільно використовувати як міру хаосу. Для більш точного та глибшого аналізу пропонується використовувати метод Херста для визначення основних статистичних періодів, і на отриманих результатах обчислювати показник Ляпунова. На основі такого підходу можна створити «Alert»-технологію, технологію попередження та виявлення негативних наслідків в економічних та фінансових процесах. Основна проблема підходу полягає в об'ємі даних на період. Як рішення пропонується об'єднувати періоди з малою кількістю точок (DJI $\lambda_{1,2}$).

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецов С.П. Динамический хаос (курс лекций). — М.: Изд. Физ.-мат. лит-ры, 2001. — 296 с.
2. Лопатин А.К., Черненко О.Б. Статистические циклы числовых рядов курса USD-UAH и их качественная характеристика // Актуальные проблемы экономики. — 2007. — № 10. — С. 142–150.
3. Лопатин А.К. Статистическая периодичность числовых рядов и их качественная классификация // Искусственный интеллект. — 2007. — № 3. — С. 93–104.
4. Лопатин А.К. Системный анализ мирового финансового кризиса 2007–2008 гг. (статистические аспекты) // Искусственный интеллект. — 2008. — № 3. — С. 179–186.
5. Статистичні дані. — <http://finance.yahoo.com>.
6. Rosenstein M.T., Collins J.J. and De Luca C.J. A practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small data sets // Physica D. — 1993. — **65**, № 117. — С. 117–134.

Надійшла 23.05.2009