

## ПОБУДОВА ФАЗОВИХ ПОРТРЕТІВ ВІДОБРАЖЕНЬ ОКРЕМИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

Дана робота присвячена побудові фазових просторів відображень інформаційних потоків мережі Інтернет, що відображають прояви громадянської активності, пов'язані з реформуванням податкової системи України. Для проведення візуального аналізу поведінки визначених інформаційних потоків застосовано метод затримки аргументів та побудовано аттрактори отриманих реалізацій. В ході роботи підтверджено наявність фрактальних властивостей у розглянутих інформаційних потоках, визначені окремі характеристики їх поведінки.

This work is about phase space construction of Internet information flows, which show signs of civil activity associated with the Ukraine tax system reform. For the information flows behavior visual analysis the method of delayed arguments was used. Attractors obtained implementations. During the work confirmed the presence of fractal properties in the discussed information flows, identified specific characteristics of their behavior.

### 1. Вступ

На прикладі проявів громадянської активності населення під час реформування податкової системи України в попередніх роботах [1,2] були досліджені окремі властивості інформаційних потоків мережі Інтернет. Авторами проведена робота по моделюванню інформаційних потоків в системі контент-моніторингу, отриманню та первісній обробці кількісних даних, визначенню природи даних потоків. Було зроблено висновок про нелінійну динамічну (хаотичну) природу даних потоків та наявність в розглянутих інформаційних потоках довгої пам'яті.

### 2. Постановка задачі

Динамічна система характеризується станом системи в визначений момент часу та її динамікою (правил зміни стану системи в часі). Для динамічних систем прийнятим уявленням розвитку процесу в часі є побудова «портрета» у фазовому просторі (тобто просторі, координатами якого є змінні стану). Нелінійна динамічна система характеризується дивним аттрактором – притягаючою множиною в фазовому просторі, в якій розташовані хаотичні траєкторії. **Основною задачею** є вибір та обґрунтування методу відновлення аттракторів, а також побудова фазових портретів відповідних інформаційних потоків.

### 3. Вибір та обґрунтування методу

Розмірністю вкладення  $m$  називається найменша ціла розмірність простору, що містить весь аттрактор. Вона відповідає кількості неза-

лежних змінних, що однозначно визначає рух динамічної системи. Важливою кількісною характеристикою аттрактора, що містить інформацію про ступінь складності поведінки динамічної системи, є кореляційна розмірність  $D_c$ .

Стан системи описується параметрами:

$$X^1(t), X^2(t), \dots, X^d(t) \quad (1)$$

де верхні індекси вказують на нумерацію компонент. Набір параметрів стану в момент  $t$  формує вектор в  $d$ -мірному просторі, який має назву фазового. Цей вектор змінюється в часі та напрямку:

$$\dot{X}(t) = \frac{dX(t)}{dt} = F(X) \quad (2)$$

а хід векторів даного фазового простору визначає фазову траєкторію, до того поле швидкостей  $F(t)$  буде дотичним до цієї траєкторії. Для автономних систем така траєкторія є само-неперетинаючою. Подібна графічна реалізація в часі дає безпосередню інформацію про динаміку та надає можливості візуального аналізу поведінки системи. Знаючи  $F(t)$ , стан системи в поточний момент часу можна визначити інтегруванням системи рівнянь (2).

Для відомої динамічної системи  $m$  та  $D_c$  легко визначити – відомі усі компоненти вектора  $X(t)$ , що описує поведінку системи (так, для системи Лоренца  $D_c=2,05$ ,  $m=3$ ). В даному випадку автори мають справу з реальними процесами та їх спостереженнями – часовими рядами з визначеним кроком. Вхідні дані – згладжені ряди кількості публікацій, зафіксовані системою контент-моніторингу у визначений день дослідження, що відповідають заданій вербаль-

ній моделі. Для процесів, що досліджуються, вимірювання всіх компонент, що характеризують систему, неможливо – вони не всі відомі. Однак Такенс показав [4], що можна відновити деякі властивості аттрактора (наприклад, розмірність вкладення  $m$  і кореляційну розмірність  $D_c$ ) по тимчасовій послідовності однієї з компонент вектора. Цей підхід був вперше запропонований в 1980 році [4]. Дослідження показали, що можна отримати задовільну картину аттрактора невеликої розмірності, якщо замість змінних  $X$ , що входять в рівняння динамічної системи, використовувати  $m$  – мірні вектора, отримані з елементів часового ряду. У [5] доведена теорема, що дозволяє реконструювати фазову траєкторію по методу відображення затримуючих аргументів:

$$X_i = (U_i, U_{i+\tau}, \dots, U_{i+(m-1)\tau}) \quad (3)$$

де  $m$  – розмірність вкладення та  $\tau$  – затримка по часу (реальна затримка по часу визначається як  $\tau\Delta t$ ).

#### 4. Опис методики

Методика заснована на побудові псевдоаттрактору, де в якості компонент вектора служить сама виміряна послідовність, але узятая з деякою тимчасовою затримкою  $\tau$ . Оскільки компоненти вектора, що характеризує динамічну систему, незалежні, то в якості  $\tau$  береться перше значення, при якому автокореляційна функція збігається до 0 (або досягає мінімуму). Оскільки заздалегідь розмірність вкладення  $m$  невідома, то процедура зводиться до наступного:

Послідовно збільшують розмірність фазового простору і додають компоненти псевдовектора;

При кожному  $m = 2, 3, \dots$  обчислюють кореляційну розмірність  $D_c$  і будують залежність  $D_c(m)$ . Спочатку при додаванні нових компонент псевдовектора кореляційна розмірність зростає. Це означає, що ми ще не досягли потрібної кількості вимірів, і, відповідно, потрібної складності, ступінь якої характеризує  $D_c$ ;

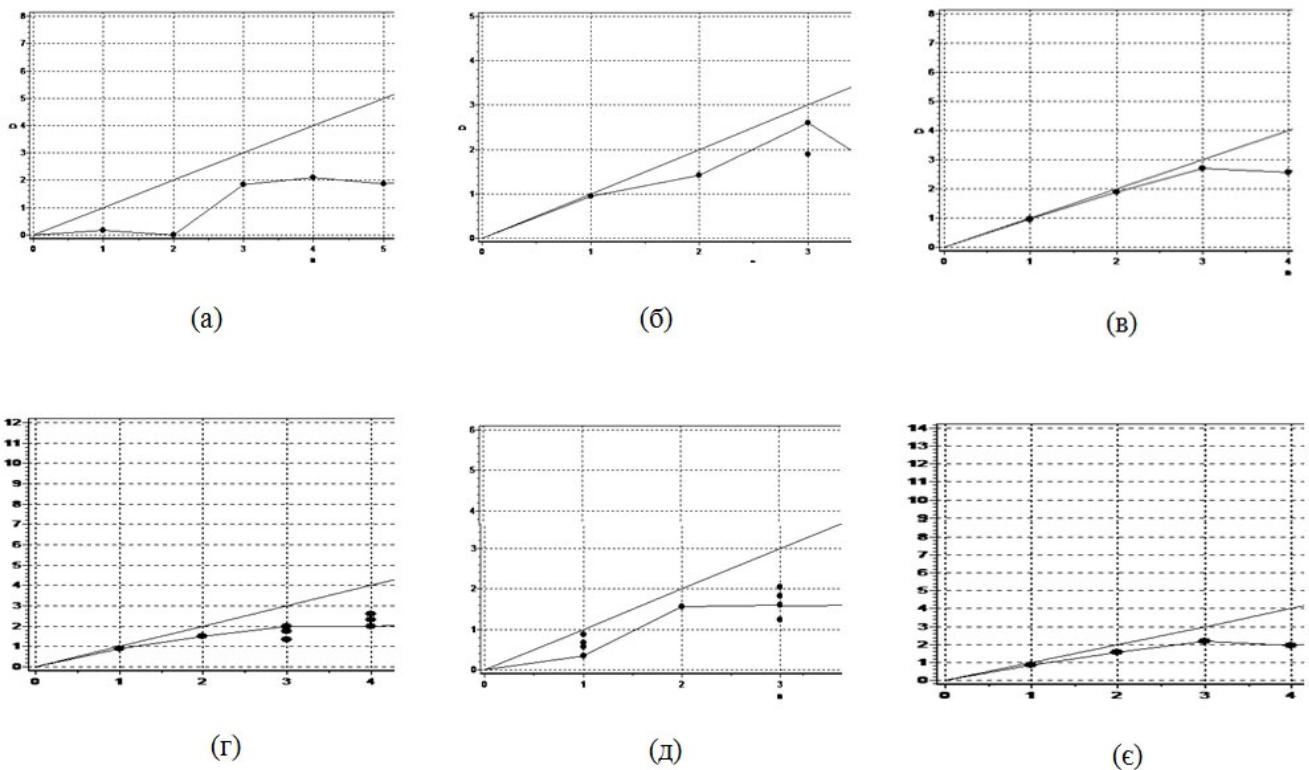


Рис. 1. Кореляційні розмірності рядів. а – «Бойкот», б – «Демонстрації», в – «Лобювання», г – «Тиск та протест», д – «Судові процеси», е – «Страйк».

Починаючи з деякої розмірності  $m$  простору, кореляційна розмірність  $D_c$  досягає насичення і перестає змінюватися. Значення  $m$ , при якому

це відбувається, є оцінкою мінімальної розмірності вкладення, а значення  $D_c$  оцінкою кореляційної розмірності аттрактору.

## 5. Результати застосування

Описана вище методика була застосована до отриманих в [1,2] рядів даних. Послідовність побудови фазових траєкторій наступна:

1. Визначення розмірності фазового простору (розмірності вкладення) за допомогою кореляційного інтегралу;
2. Побудова фазової траєкторії у просторі визначеної на попередньому кроці розмірності.

На рис. 1 представлена кореляційна розмірність та розмірність фазового простору для отриманих рядів при автоматично знайденій оптимальній затримці («Бойкот» – 6, «Демонстрації» – 12, «Лобювання» – 8, «Тиск та протест» – 9, «Судові процеси» – 6, «Страйк» – 8).

Кореляційна розмірність  $D_c$  ряду, що відповідає виду політичної активності «Бойкот» дорівнює 2.127, розмірність фазового простору  $m = 3$ ; для ряду «Демонстрації»  $D_c=2.599$ ,  $m=3$ ; «Лобювання»  $D_c=4.627$ ,  $m=3$ ; «Тиск та протест»  $D_c=2.996$ ,  $m=3$ ; «Судові процеси»  $D_c=2.278$ ,  $m=3$ ; «Страйк»  $D_c=2.246$ ,  $m=3$ . Як видно з результатів для всіх розглянутих часових рядів розмірність фазового простору (розмірність вкладення) дорівнює 3.

Для порівняння, кореляційна розмірність гаусівського «шуму» 9.743, розмірність фазового простору 15. Кореляційна розмірність для загального Броунівського руху 2.541, розмірність фазового простору 7 [6].

На рис. 2 побудовані аттрактори рядів, що досліджуються, які дозволяють зробити висновок про поведінку відповідних процесів.

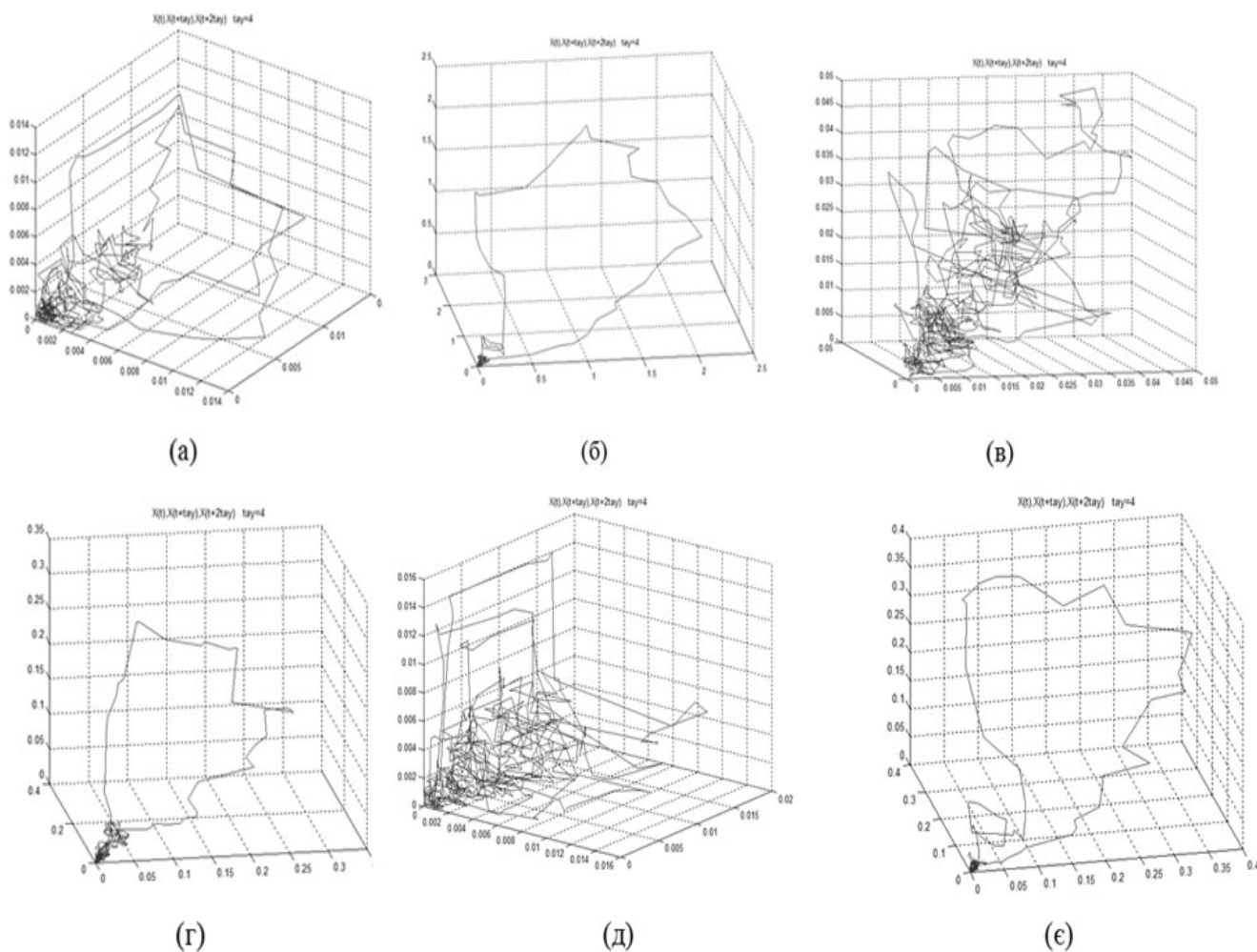


Рис. 2. Аттрактори рядів. а – «Бойкот», б – «Демонстрації», в – «Лобювання», г – «Тиск та протест», д – «Судові процеси», е – «Страйк».

При побудові фазових просторів значення  $\tau$  для кожного випадку обчислювалось окремо.

## 6. Висновки

Отримані результати підтвердили, що інформаційні потоки, що досліджуються, не є випадковими процесами та простіші, ніж випадкові процеси. На це вказує порівняння обчислених показників з кореляційною розмірністю та розмірністю фазового простору гаусівського «шуму» та броунівського руху.

Усі досліджені процеси мають розмірність фазового простору (розмірність вкладення) рівну 3, що вказує на наявність трьох основних компонент, які формують динаміку даних систем. Таким чином можна зробити висновок, що на досліджені інформаційні потоки, які відображають прояви громадянської активності під час реформування податкової системи України в електронних засобах масової інформації, впливають три сили. Виявлення характеру

впливу цих сил на процес відображення є темою для наступних досліджень авторів.

Візуальний аналіз отриманих фазових траєкторій дозволяє зробити висновок про спорідненість (схожість поведінки) інформаційних потоків, що відображають «Лобювання» та «Судові процеси», а також «Демонстрації», «Тиск та протест» та «Страйк». В першому випадку поведінка системи характеризується великою амплітудою та достатньо великою кількістю «стрибків» від потенційної області рівноваги системи. В другому випадку ми маємо теж велику амплітуду, але невелику кількість окремих «стрибків». Для «Демонстрацій», «Тиску та протесту» та «Страйку» система набагато сильніше намагається повернутись в явно виражену область рівноваги, ніж в першому випадку. Щодо проявів «Бойкоту», то поведінка цієї системи є середньою між розглянутими випадками, та характеризується явною областю рівноваги, великою амплітудою і середньою кількістю «стрибків».

## Список літератури

1. Качинський А.Б., Добровольський Є.Л., Барановський О.М., Ланде Д.В. Прикладні аспекти застосування моделей взаємозв'язку "ЗМІ -соціум – державна політика" на прикладі реформування податкової системи України //Інформаційна безпека людини, суспільства, держави. – К.: Національна академія Служби безпеки України, №2 (2), 2011г., с. 140-146
2. Барановський О.М., Качинський А.Б., Добровольський Є.О., Ланде Д.В. Характеристики інформаційних потоків, пов'язаних з реформуванням податкової системи України //Правова інформатика. – К.: Науково-дослідний центр правової інформатики Національної академії правових наук України, №2 (34), 2012г., с. 89-95
3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. – Москва: Мир, 2000. – 277 с.
4. Packard N.H., Crutchfield J.P., Farmer J.D., Shaw R.S. Geometry from a time series. //Phys. Rev. Lett., 45, 1980, p. 712-716
5. Takens F. Detecting strange attractors in turbulence. //Vol. 898 of Lecture Notes in Mathematics. Springer, Berlin, 1981, p. 366-381
6. Давыдов А.А. Системный подход в социологии: новые направления, теории и методы анализа социальных систем. – М.: КомКнига, 2005 – 328 с.