

Національна академія наук України  
Міністерство освіти і науки України  
Українська Асоціація з автоматичного управління,  
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України,  
Сумський державний університет  
Інститут космічних досліджень Національної академії наук України і  
Державного космічного агентства України  
Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем  
Національної академії наук України і Міністерства освіти і науки України

**МАТЕРІАЛИ XXIII МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
З АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ  
(АВТОМАТИКА-2016)**

м. Суми, 22-23 вересня 2016 року

Суми  
Сумський державний університет  
2016

---

<b>Блохін Л.М., Осадчий С.І., Зозуля В.А.</b> МЕТОД СИНТЕЗУ РЕГУЛЯТОРА ОПТИМАЛЬНОЇ БАГАТОВИМІРНОЇ РОЗІМКНУТОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	166
<b>Александров Е.Е., Александрова Т.Е., Лазаренко А.А.</b> СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЦИФРОВОЙ ИНВАРИАНТНОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ТАНКОВОЙ ПУШКИ.....	167
<b>Кошевой Н.Д., Заболотный А.В., Кошечкина И.И.</b> МЕТОД СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНЫХ ПО СТОИМОСТНЫМ (ВРЕМЕННЫМ) ЗАТРАТАМ ПЛАНОВ ДРОБНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.....	169
<b>Коробов А.Г., Москаленко В.В.</b> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНТЕРЕСУ НА ЗОБРАЖЕННІ МІСЦЕВОСТІ.....	171

## СЕКЦІЯ 5 –

### ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ

<b>Проценко О.Б., Осадчий А.С.</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО КОНТЕНТУ, ЩО ФУНКЦІОНУЄ В РЕЖИМІ ГЛИБОКОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ .....	173
<b>Школьна О.В., Ладанюк А.П.</b> ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ ПОБУДОВИ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ МАМДАНІ ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ.....	175
<b>Кучеренко Е.И., Ходак М.В.</b> МЕТОДЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ АДЕКВАТНОСТИ .....	176
<b>Шевченко С.В., Годлевский М.Д.</b> КООРДИНАЦІЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМАХ.....	178
<b>Чайковська Є.Є.</b> ПІДТРИМКА СУШКИ ДЕРЕВИНИ У СКЛАДІ ЕКСПЕРТНОЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ .....	180
<b>Тимчук С.О., Шендрік В.В., Шендрік С.О.</b> ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯМ В МЕРЕЖАХ З РОЗПОДІЛЕНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ .....	182
<b>Сич М.А.</b> РЕКУРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВИХ РЯДІВ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ ЯК СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ .....	184
<b>Москаленко В.В., Пиманенко С.В.</b> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ ДАТАЦЕНТРУ.....	186
<b>Романов В.О., Галелюка І.Б.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЕТАП РОЗРОБКИ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ .....	188
<b>Москаленко А.С., Піскова В.О., Москаленко В.В.</b> СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ РАДІОНУКЛІДНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ НИРОК .....	190

УДК 681.5:664.1

Сич М.А., аспірант Національного університету харчових технологій  
(УКРАЇНА)

## РЕКУРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВИХ РЯДІВ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ ЯК СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ

Для ефективного керування технологічного комплексу цукрового заводу, що побудоване на синтезі синергетичних керуючих стратегій, необхідно здійснити ряд експериментальних досліджень методами нелінійної динаміки. В даній роботі був використаний метод, побудований на властивості складної системи — рекурентності. Цей метод аналізу базується на представленні властивостей об'єкта керування у вигляді геометричних просторово-часових структур. Він може бути інструментом для виявлення залежностей у процесах, за якими спостерігаємо.

*Ключові слова:* рекурентний аналіз, часовий ряд, цукровий завод, нелінійна динаміка.

Підтримка технологічних параметрів складних об'єктів керування на оптимальному значенні в умовах, що характеризуються віддаленістю від стану термодинамічної рівноваги утворенням дисипативних просторово - часових структур, є актуальною проблемою на сучасному етапі розвитку систем автоматизації виробництва [1].

У праці [2] запропонований метод аналізу нелінійних динамічних систем, що розширює можливості нелінійного аналізу часових рядів і заснований на фундаментальній властивості дисипативних динамічних систем - рекурентності (повторюваності станів).

Очевидно, що даний метод аналізу, заснований на поданні властивостей процесів у вигляді геометричних структур, може служити інструментом для виявлення залежностей у спостережуваних процесах.

Дослідження складних систем із застосуванням даного методу можна зробити при наявності навіть однієї координати змінної стану, з огляду на те, що по взаємодії змінних, у складних системах і їхній кількості, можна судити про динаміку всієї системи в цілому.

Виходячи з теореми Таккенса, еквівалентна фазова траєкторія, що зберігає структури оригінальної фазової траєкторії, може бути відновлена з одного часового ряду параметра  $x$ , вкладеного в псевдофазовий простір заданої розмірності  $m$ :

$$\begin{aligned} x_1^m &= (x_1, x_2, \dots, x_m) \\ x_2^m &= (x_2, x_3, \dots, x_{m+1}) \\ &\vdots \\ x_{N-m}^m &= (x_{N-m}, x_{nN-m+1}, \dots, x_N) \end{aligned} \quad (1)$$

У праці [3] був запропонований спосіб відображення  $m$ -мірної фазової траєкторії станів спостережуваного процесу, на двовимірну квадратичну двійкову матрицю розміром  $N \times N$ , у якій 1 відповідає повторенню стану при деякому часі  $i$  в деякий інший час  $j$ , а обидві координатні осі є осями часу (рис. 1).

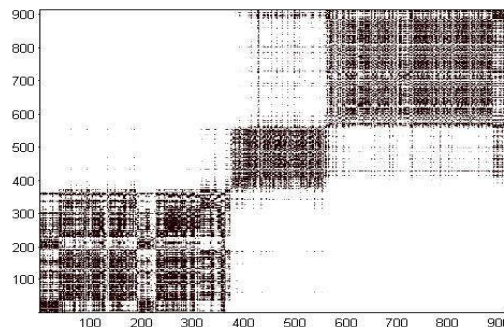


Рис. 1. Відображення рекурентної діаграми витрати дифузійного соку

Таке графічне подання процесу назване рекурентною діаграмою (RP- recurrence plots) і є проекцією  $M$ -мірного псевдофазового простору на площину.

Рекурентна діаграма описується співвідношенням:

$$R_{i,j}^{m,\varepsilon} = \Theta(\varepsilon_i - \|x_i - x_j\|), \quad (2)$$

де  $\{x_i\} = [x_1, x_2, \dots, x_N] \in R^m$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, N$ ,  $N$  - кількість розглянутих станів спостережуваного процесу,  $\varepsilon_i$  - розмір околиці точки  $x_i$  в момент  $i$ ,  $\|x_i - x_j\|$  - відстань між точками,  $\Theta(\cdot)$  - функція Хевісайда.

Для аналізу досліджуваних процесів по рекурентним діаграмам використовується два класи структури: топологія і текстура зображень. При цьому топологія, яка представляється великомасштабними структурами, дає загальне поняття про характер процесу по чотирьох класах: однорідний, періодичні, дрейф і білі області. Текстура характеризує дрібномасштабну структуру діаграми і складається з окремих точок, діагональних, горизонтальних і вертикальних ліній [3].

Текстура дає можливість оцінити відстань між станами системи на діаграмі відстаней, що відображається на деяку кольорову палітру (рис.2):

$$D_{i,j}^m = \|x_i - x_j\| \quad (3)$$

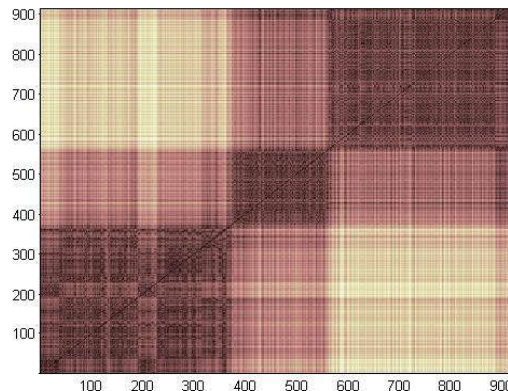


Рис.2. Відображення текстури рекурентної діаграми витрати дифузійного соку

Реальні технологічні об'єкти керування є складними нелінійними об'єктами та можуть проявляти в своїй поведінці як детермінованість, стохастичність, хаотичність. В залежності від режиму необхідно обрати певну стратегію керування.

Однією з найскладніших відносно керування є хаотична поведінка технологічного об'єкта. Проведені дослідження методами нелінійної динаміки, дозволили визначити якісні та кількісні показники поведінки об'єктів керування, що створило необхідні передумови для розробки сучасних ресурсощадних систем синергетичного керування хаотичними процесами, до яких відносяться технологічні процеси на цукровому заводі.

### Література

1. Оценка модели псевдолинейной регрессии / Ляшенко С.А, Ляшенко А.С. // Моделирование объектов и систем управления, Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы, №1(25), 2010. – С. 36 – 41.
2. Eckmann J.P., Kamphorst S.O., Ruelle D., Recurrence Plots of Dynamical Systems.// Europhysics Letters 5. – 2001. – P. 973 – 977.
3. Владимирский Э.И., Исмаилов Б.И. Синергетические методы управления хаотическими системами. – Баку: ELM, 2011. – 240 с.