


ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДИСКРЕТНОЇ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ В МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

Максишко Наталія Костянтинівна

Зав. кафедри економічної кібернетики,
к.ф.-м.н., д.е.н., доцент
ДВНЗ «Запорізький національний університет»



Сучасний стан економіки та бізнесу - «стан турбулентності», що «стає *новою нормальністю*».

Котлер Ф. Хаотика: управління та маркетинг в епоху турбулентності /

Ф. Котлер, Дж. А. Касліоне. – К.: Хімджест, ПЛАСКЕ. – 2009. – 208 с.

Актуальність роботи

Особливості сучасних умов господарювання:

глобалізаційні процеси
трансформаційні процеси
прискорення НТП, інноваційний напрям розвитку

високий ступінь мінливості факторів
зовнішнього та внутрішнього середовища →
зростання рівня невизначеності та ризику

Ринкові умови:

ринок насичений конкуруючими учасниками
зі складною нелінійною інтерференцією
повільних (*товарних*),
середнього темпу (*фінансових*) та
швидких (*інформаційних*) потоків і процесів
на ньому.

Властивості розвитку ЕС:

- нелінійність,
- високий рівень невизначеності,
- нестійкість, мінливість,
- нестационарність

Порушуються умови застосування статистичних методів →
намагання позбутися характерних властивостей

Нелінійний підхід: переважно застосовуються неперервні
динамічні моделі, що не відповідає дискретному характеру
процесів, які відбуваються в економіці, та економічної
інформації

Аналізу та прогнозуванню належить **провідна
роль** при прийнятті управлінських рішень
на всіх рівнях в економіці

Загальна закономірність розвитку економіки в
різних країнах –
підвищення ролі організаційно-управлінських
факторів та інформаційної складової діяльності

зростання рівня формалізації аналізу та
прогнозування

необхідність використання математичних моделей,
методів, новітніх інформаційних технологій для
аналізу та прогнозування процесів на всіх рівнях економіки

Висновок:
необхідним є новий підхід до аналізу та
прогнозуванню розвитку економічних систем,
який представлено даними дискретного типу в
умовах нестабільності, нелінійності та
невизначеності

Проблеми вихідних даних та існуючого інструментарію

- необхідність врахування таких особливостей як нелінійність, циклічність , невизначеність
- недостатнє врахування природи даних
- дискретний характер
- недостатність, обмеженість (мала вибірка даних, короткі ЧР)
- недостовірність даних (похідні ЧР, відрив від першоджерела)
- необхідність забезпечення комплексного підходу та можливості використання інформаційних технологій

конденція застосування інструментарію дискретної нелінійної динаміки в моделюванні процесів функціонування економічних систем

Теоретична база :

еволюційна парадигма в економічній теорії

нелінійна парадигма в моделюванні економіки

системна парадигма в аналізі економічних систем та процесів

Інформаційна база :

ряди динаміки економічних показників

Дискретна нелінійна динаміка (ДНД) – розділ математичного моделювання з досліджень динамічних систем із використанням нелінійних моделей дискретного типу та методів розв'язання нелінійних задач на дискретних множинах.

Теоретична база:

- **еволюційна парадигма**

(Шумпетер Й., Нельсон Р, Уінтер С., Чухно А.А.,)

- **нелінійна парадигма в моделюванні економіки**

(Пригожин І., Мандельброт Б., Курдюмов С.П., Малінецький Г.Г., Петерс Е., Перепелиця В.О., Сергєєва Л.Н., Лисенко Ю.Г., Соловйов В.М. та ін.)

- **неосистемна парадигма**

(Клейнер Г.Б., Полтерович В.М., Корнаї Я.)

Моделювання процесу функціонування економічної системи

на основі неосистемної парадигми



Інструментарій дискретної нелінійної динаміки

- комплексний фрактальний аналіз,
- фазовий аналіз,
- моделі клітинних автоматів та однорідної структури,
- генетичні алгоритми тощо

Процес функціонування економічної системи як система

$$F \stackrel{\text{def}}{=} \langle X, V, A, Z, S, \Delta T \rangle,$$

де X - динамічний (часовий) ряд показника (або показників), що характеризує процес функціонування F ,

V - вектор властивостей процесу F , тобто властивостей рядів динаміки X ,

A - об'єкт – економічна система з F ,

Z - множина цілей, що стоять перед економічною системою A , та визначають цілі дослідження процесу F ,

S - параметр (або вектор параметрів), що характеризує Середовище, в якому функціонує економічна система,

ΔT - інтервал часу, протягом якого досліджується (аналізується або прогнозується) процес F .

гіпотези фрактального ринку).

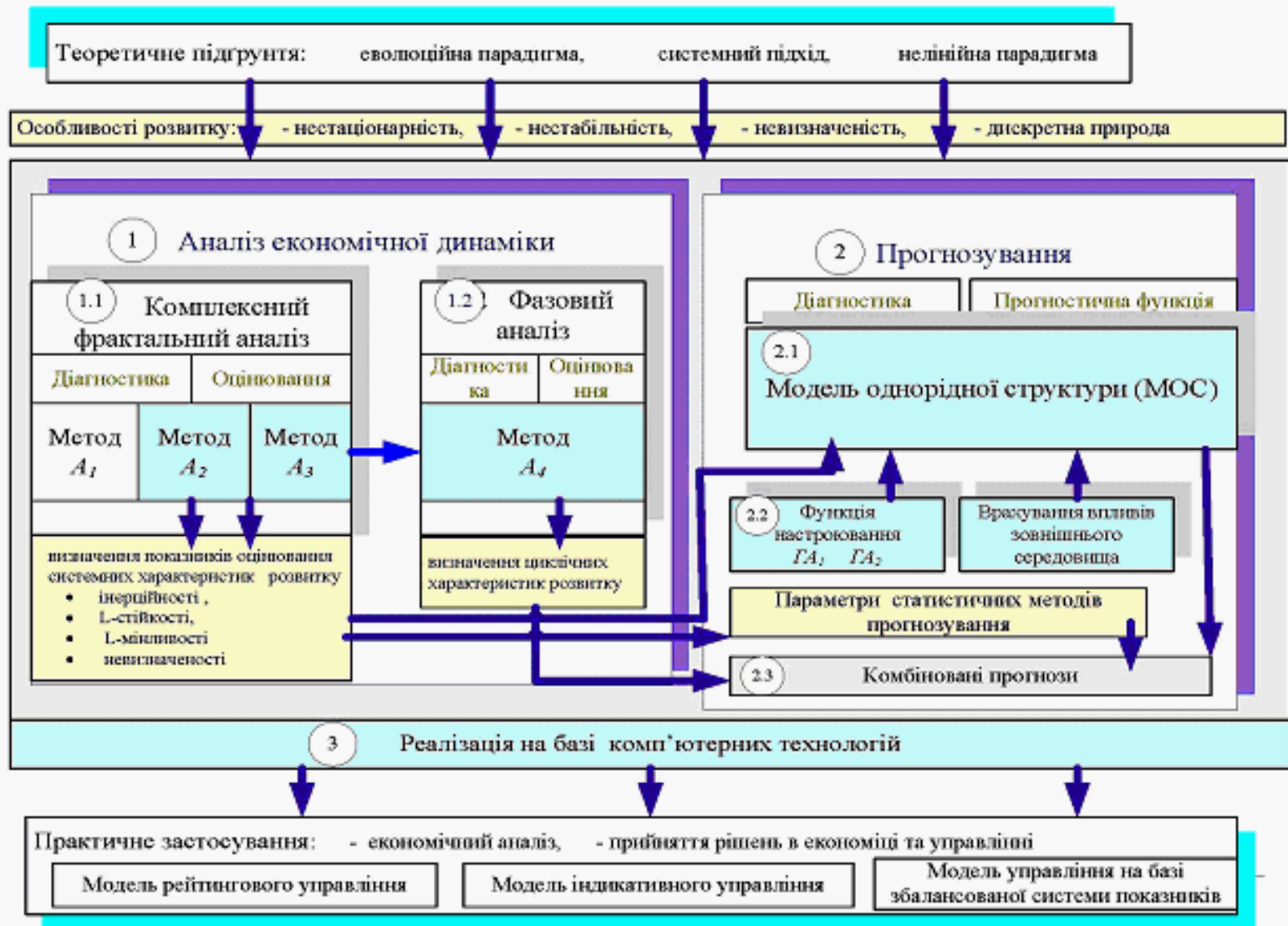
Положення 2.

Вибір методу прогнозування визначається властивостями ЧР.

Положення 3.

Моделі та методи аналізу та прогнозування розглядаються з точки зору оцінки їх прогностичних

Система моделей та методів аналізу та прогнозування функціонування економічних систем на базі інструментарію



Метод комплексного фрактального аналізу

Підготовчий (попередній) етап – визначення природи ряду економічної динаміки.

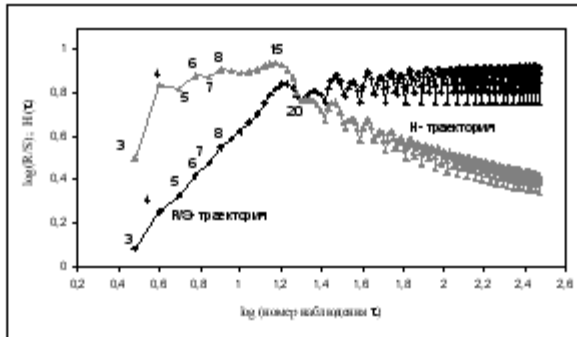
Підетап 1 – візуалізація ряду динаміки та формулювання гіпотез щодо характеру його поведінки.

Підетап 2 – попередній статистичний аналіз, що складається з оцінки основних числових характеристик ряду та перевірка нульової гіпотези

Підетап 3 – аналіз щодо діагностики детермінованого хаосу: BDS-тесту , тесту залишків Брока, графічного тесту Гілмора

<i>Етап 1</i>	<i>Етап 2</i>	<i>Етап 3</i>
Метод A_1 нормованого розмаху Херста	Метод A_2 послідовного R/S-аналізу	Метод A_3 оцінки глибини пам'яті
визначення показника Херста та перевірка його значущості на базі тесту на перемішування	кількісне оцінюванні глибини пам'яті про початок ряду для кожного моменту вимірювання.	обчислення характеристик трендостійкості ряду динаміки: глибини пам'яті та характеристик квазіциклічності
забезпечує отримання лише усереднену характеристику властивості інерційності (трендостійкості) для ЧР в цілому, але не враховує мінливий характер динаміки відповідного показника.	Оцінка глибини пам'яті для всього ряду відображає невизначеність, що породжується зовнішніми та внутрішніми впливами на економічну систему.	$L(Z) = \{ (I, \mu(I)), I \in L^0 \}$

Метод A_1 нормованого розмаху Херста	Метод A_2 послідовного R/S -аналізу
$Z = \langle z_i \rangle, \quad i = 1, 2, \dots, m$	
<p>1⁰. крок $\Delta \geq 1$, формується послідовність: $n_1, n_2, \dots, n_k, \dots, n_l$, $n_{k+1} = n_k + \Delta, \quad k = \overline{1, l-1}, \quad n_l \leq \left\lfloor \frac{m}{2} \right\rfloor$. $\forall k = 1, 2, \dots, l \therefore$</p> <p>2⁰. Для $\forall r_k = \left\lfloor \frac{m}{n_k} \right\rfloor$ з відрізків $Z_k^t = \langle z_j^t \rangle, j = \overline{1, n_k}, t = 1, 2, \dots, r_k$, $z^t = \frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} z_j^t, \quad t = \overline{1, r_k}$</p> <p>3⁰. Накопичені відхилення $X_{k,q}^t = \sum_{j=1}^q (z_j^t - z^t), q = \overline{3, n_k}$, Розмах $R_k^t = \max_{1 \leq q \leq n_k} X_{k,q}^t - \min_{1 \leq q \leq n_k} X_{k,q}^t$</p> <p>4⁰. Стандартне відхилення $S_k^t = \left(\frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} (z_j^t - z^t)^2 \right)^{0,5}$ Нормування розмаху $\left(\frac{R}{S} \right)_k^t = \left(\frac{R_k^t}{S_k^t} \right), \quad t = \overline{1, r_k}, \quad 1 \leq k \leq l$</p> <p>5⁰. Середнє значення норм. розмахів $\left(\frac{R}{S} \right)_k = \frac{1}{r_k} \sum_{t=1}^{r_k} \left(\frac{R}{S} \right)_k^t$,</p> <p>6⁰. логарифмічні координати $x_k = \lg(n_k/2), \quad y_k = \lg \left(\frac{R}{S} \right)_k, \quad k = \overline{1, l}$.</p>	<p>1. Початкові відрізки $Z_\tau = z_1, z_2, \dots, z_\tau$, поточне середнє $\bar{z}_\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} z_i, \tau = 3, 4, \dots, n$ накопичене відхилення $X_{\tau,t} = \sum_{i=1}^t (z_i - \bar{z}_\tau)$</p> <p>2. \forall початк. Z_τ обчислюються: а) розмах $R = R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} X_{\tau,t} - \min_{1 \leq t \leq \tau} X_{\tau,t}$, б) стандартне відхилення $S = S(\tau) = \left(\frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^t (z_i - \bar{z}_\tau)^2 \right)^{0,5}$ в) нормування розмаху $\left(\frac{R}{S} \right)_\tau = \frac{R(\tau)}{S(\tau)}, \quad 3 \leq \tau \leq n$</p> <p>3. H-траєкторія $H = H(\tau), \tau = 3, 4, \dots, n$, $x_\tau = \log(\tau/2), \tau = 3, 4, \dots, n$ $y_\tau = H(\tau) = (\log(R(\tau)/S(\tau))) / \log(\tau/2), \tau = 3, 4, \dots, n$.</p> <p>4. R/S-траєкторія $x_\tau = \log(\tau/2), \quad y_\tau^0 = \log(R(\tau)/S(\tau))$.</p>



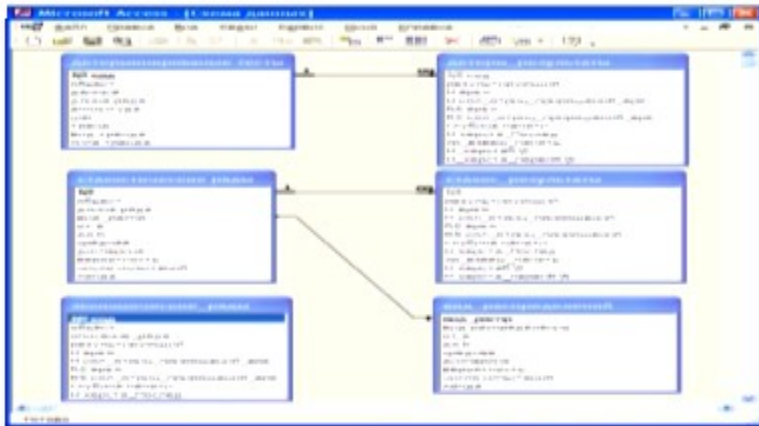
Макшишко Н.К., Перепелица В.А. О двух подходах к R/S-анализу временных рядов // Вісник Східноукраїнського університету. – 2005. - № 5(87). – С.134-140.

Переваги методу А2 (по відношенню до методу А1):

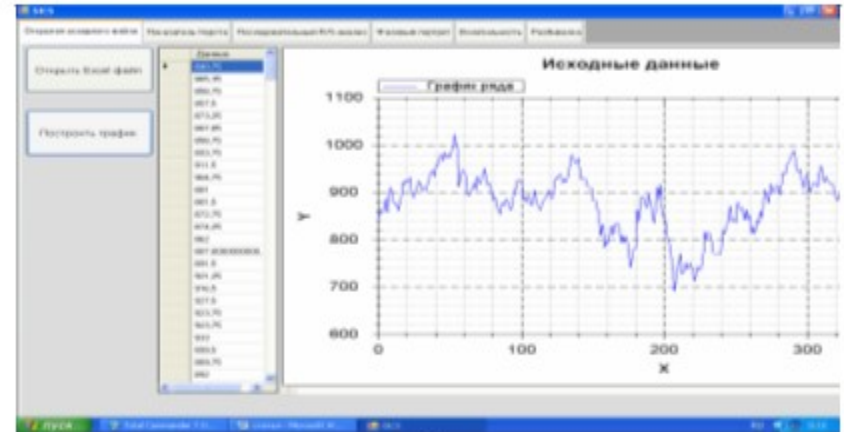
- не висуваються жорсткі вимоги до довжини ряду динаміки,
- дозволяє виявити точку втрати пам'яті про початкові умови, сигналізує про вичерпання циклу або квазіциклу, що міститься в початковому відрізку цього ЧР.

Дослідження адекватності результатів фрактального аналізу

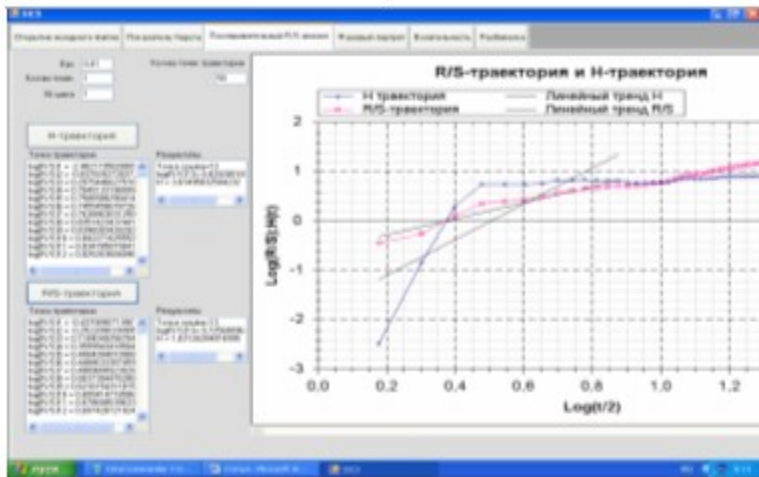
- 1) Аналіз існуючого програмного забезпечення щодо реалізації фрактального аналізу
- 2) Розроблене власне програмне забезпечення комплексного фрактального аналізу
- 3) Створена тестова база даних аналізу (ЧР з відомими властивостями):
 - детерміновані,
 - стохастичні,
 - модельні фрактальні ЧР (*Fractan*),
- 4) Проведений масовий обчислювальний (комп'ютерний) експеримент за планом:
 - а) виявлення природи ЧР,
 - б) оцінка фрактальних характеристик на основі комплексного фрактального аналізу,
 - в) аналіз зовнішніх впливів на фрактальні та інші характеристики ЧР.



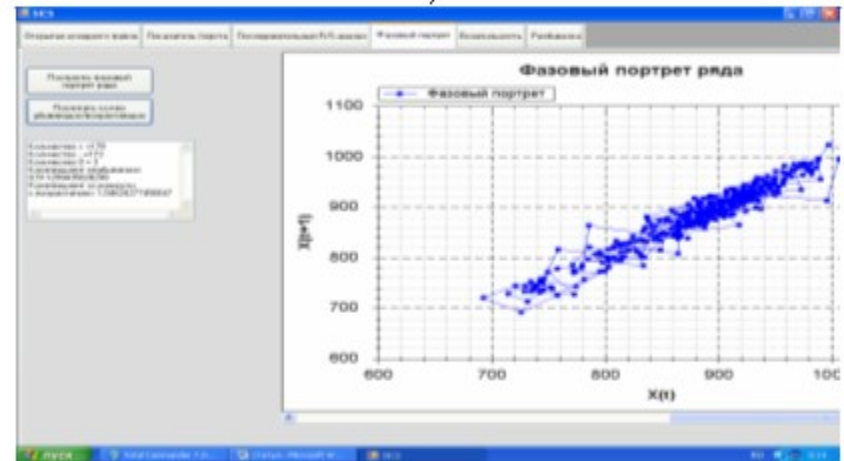
а)



б)



в)



г)

Рис. – а) Структурна схема бази даних експериментального дослідження
 б) вікно модуля первинної обробки й візуалізації вихідних даних,
 в) вікно модуля фрактального аналізу,
 г) вікно модуля фазового аналізу

Фазовий аналіз

Метод аналізу фазового портрета

$$X = \langle x_i \rangle, \quad i = \overline{1, n}$$

$$\Phi_2(X) = \langle w_i = (x_i, x_{i+1}), \quad i = \overline{1, n-1} \rangle$$

Етап 1 – розкладання фазового портрета на квазіцикли на основі комп'ютерної візуалізації.

Етап 2 – аналіз структури та розмірів квазіциклів (чисельні алгоритми розрахунку довжини та розмірів габаритних прямокутників квазіциклів, статистична обробка результатів розкладання, аналіз на наявність «джокера» [128,154]).

Етап 3 – аналіз динаміки структури та розмірів квазіциклів (метод комп'ютерної візуалізації й методи аналізу – статистичні та подальший фазовий аналіз):

- побудова й аналіз гістограми емпіричних частот довжини квазіциклів фазового портрета,

- побудова траскторій дрейфу (похідних ЧР) координат вершин центрів і значень напівпериметрів габаритних прямокутників отриманих квазіциклів, аналіз їхніх фазових траскторій.

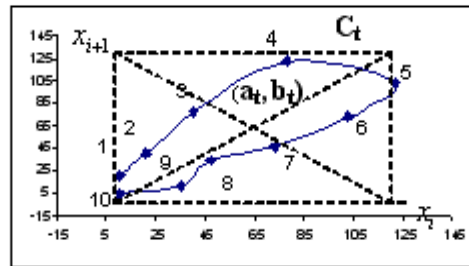


Рис. Квазіцикл C_t довжини $n_t = 10$, розміщений у габаритний прямокутник з центром (a_t, b_t)

Визначення 2.1. Квазіциклом у ЧР називається локально найбільший відрізок ЧР, що складається з двох частин таких, що елементи першої частини монотонно одержують додатні (від'ємні) прирости, а елементи другої частини монотонно одержують від'ємні (додатні) прирости.

Визначення 2.2. Квазіцикл ЧР називається **циклом** у випадку, коли рівень ряду, з якого починається квазіцикл, співпадає із точкою його закінчення.

Системні характеристики процесу

Функціонування економічної системи (V)

Інерційність (або трендостійкість) – властивість динаміки зберігати напрям руху, тобто схильність рухатися за напрямом тренду: якщо рівні ряду динаміки зростали у попередній період, то ймовірніше, що вони будуть зростати і у наступний період.

Локальна стійкість (L-стійкість) – характеризує ступінь інерційності – властивість динаміки за деякі проміжки часу зберігати значення з обмеженого околу (відсутність значних відхилень від значення показника та (або) напрямку руху).

Означення 3. ЧР $X = \langle x_t \rangle, t = \overline{1, n}$ будемо називати **локально стійким**, якщо існує такий час $\delta > 0$, що,
коли $\Delta t \leq \delta$, то $|\Delta x_t| \leq \gamma$ або $\text{sign } \Delta x_t = \text{const}$,
де γ - деяке додатне число.

Ступінь прояву властивості локальної стійкості може бути оцінена двома показниками: δ та γ .

Локальна мінливість (L-мінливість) – властивість, що відображає схильність ЧР до значних змін значень в малому околі часу.

Означення 3. ЧР $X = \langle x_t \rangle, t = \overline{1, n}$ називається **локально мінливим**, якщо існує такий невеликий час $\delta > 0$ (для часового ряду він може розглядатися, наприклад, обмеженим трьома вимірами показника, тобто $0 < \delta \leq 3$), що,
коли $\Delta t \geq \delta$, то $|\Delta x_t| \geq \gamma$ або $\text{sign } \Delta x_t \neq \text{const}$,
де γ - деяке додатне число, $\gamma \rightarrow \infty$.

Ступінь прояву властивості локальної мінливості також може бути оцінена тими ж двома показниками: δ та γ .

L-невизначеність – характеристика динаміки щодо передбачуваності – відображає співвідношення між визначеністю характеру інформації відносно напрямку та швидкості руху та невизначеністю.

Кількісні показники оцінювання системних характеристик

процесу функціонування економічної системи

Група системних характеристик $k \in N$	Показники оцінювання властивостей динаміки процесу $P_p^k(x), \quad p = \overline{1, p_k}$	
	Числові	Нечіткі
I. Інерційність	$H, \quad l_{\text{ІЗ}}, \quad l_{\text{ІГ}}, \quad l_{\text{ІГ}}^s$	$L(X) = \{ (l, \mu(l)), l \in L^0 \}$
II. L -стійкість	$\mu(3), \mu(4), \mu(l_{\text{max}}), \mu(l_{\text{ІЗ}})$ I_D, d_{max}	$L_{\text{ІЗ}}^s(Z)$ $D(X) = \{ (n_i, \mu_D(n_i)) \}$
III. L -мінливість	$\mu(3), d_L (I_L, I_P, I_D)$ $UP, SH(X)$ Інформаційна ентропія	$P = \{ P_k, \mu(P_k) \},$
IV. L -невизначеність	$H_{\text{ентр}_L}, H_{\text{ентр}_P}, H_{\text{ентр}_D}$ $H_{\text{ентр}_L}^s, H_{\text{ентр}_P}^s, H_{\text{ентр}_D}^s$	$P(t) = \{ P_k(t), \mu(P_k(t)) \}$

$$H_{\text{ентр}_L} = - \sum_{l_i \in \text{supp} L(Z)} \mu(l_i) \cdot \log_2 \mu(l_i)$$

$$SH(X) = 1 - \frac{H_{\text{ентр}_L}^s}{H_{\text{ентр}_L}}$$

- показник **надлишковості** нечіткої множини глибини пам'яті - міра «зашумленості» ЧР

Означення : Класична d -вимірною однорідною структурою (d -ОС, $d \geq 1$) [3] - впорядкована четвірка компонент: d -ОС = $\langle Z^d, A, \tau^{(n)}, X \rangle$,

де A - скінченна непорожня множина, яка має назву алфавіт внутрішніх станів одиничних автоматів (елементів) структури,

Z^d - цілочисельний простір розмірності d , в кожному вузлі якого розміщено елемент структури,

X - індекс сусідства структури - впорядкований кортеж n елементів з Z^d , який визначає елементи-сусіди для кожного елемента структури, тобто тих автоматів, з якими одиничний елемент пов'язаний безпосередньо інформаційними каналами (обмінюється інформацією).

Прогнозна модель розвитку економічної системи на базі однорідної структури

$$\text{МОС: } \langle Z^1, T, \tau^{(n)}, Q \rangle,$$

де Z^1 - дискретний простір елементів (скінчених автоматів, клітин),

$T = \{0, u^r, r = \overline{1, R}\}$ - алфавіт внутрішніх станів-термів, який містить, зокрема, нульовий стан спокою,

$\tau^{(n)}$ - глобальна функція переходів, яка формується на базі локальних функцій переходів,

Q - індекс сусідства, який визначає відповідні шаблони сусідства,
 $Q = \{-L, -(L-1), \dots, -2, -1, 0\}$.

Прогнозна модель розвитку економічної системи на базі однорідної структури

Етап 1 – передпрогнозний аналіз ЧР.

Етап 2 - ідентифікація параметрів МОС за ЧР $X = \langle x_i \rangle, i = \overline{1, n}$, що розглядається (ретроспекція) – містить підетапи:

підетап 2.1 - визначення множини $T = \{ u^r, r = \overline{1, R} \}$ - алфавіту внутрішніх станів елементів однорідної структури;

підетап 2.2 - формування поточного стану МОС на базі перетворення вихідного числового ЧР X у лінгвістичний часовий ряд $U = \langle u_i \rangle, i = \overline{1, n}$, тобто заміни кожного рівня $x_i \in X$ певним термом $u_i = u^r \in T$ - застосування методів класифікації для перетворення **числового часового ряду в лінгвістичний часовий ряд:**

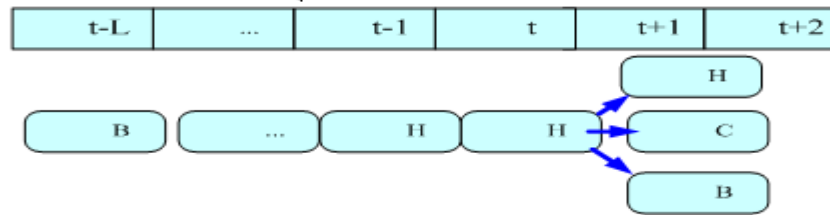
- методу трендових коридорів,
- методу огинаючих ламаних,
- методу аналізу гістограм;

підетап 2.3 - формування глобальної функції переходів на базі ідентифікації локальних функцій переходів, конкретизація індексу сусідства Q та шаблонів сусідства.

Етап 3 - верифікація моделі - обчислення оцінок точності та обґрунтованості моделі.

Етап 4 - прогнозування (проспекція).

Твердження 3.1. Глибина пам'яті визначається радіусом L однорідної структури, в межах якого має місце вплив елементів МОС на стан їх сусідів.



$$\overline{U}_{n+1} = \{(u^r, m_{n+1}(u^r)); u^r \in T\}, m_{n+1}: T \rightarrow [0;1]$$

$$U_{n+1} = \{(\hat{I}; 0,03), (\tilde{N}; 0,49), (\hat{A}; 0,48)\}$$

$$u_{n+1}^{i\delta} = u^* \in T, \text{ де } m_{n+1}(u^*) = \max_{u^r \in T} \{m_{n+1}(u^r)\}$$

$$\overline{X}_{n+1} = \{(x^r, m_{n+1}(x^r))\}$$

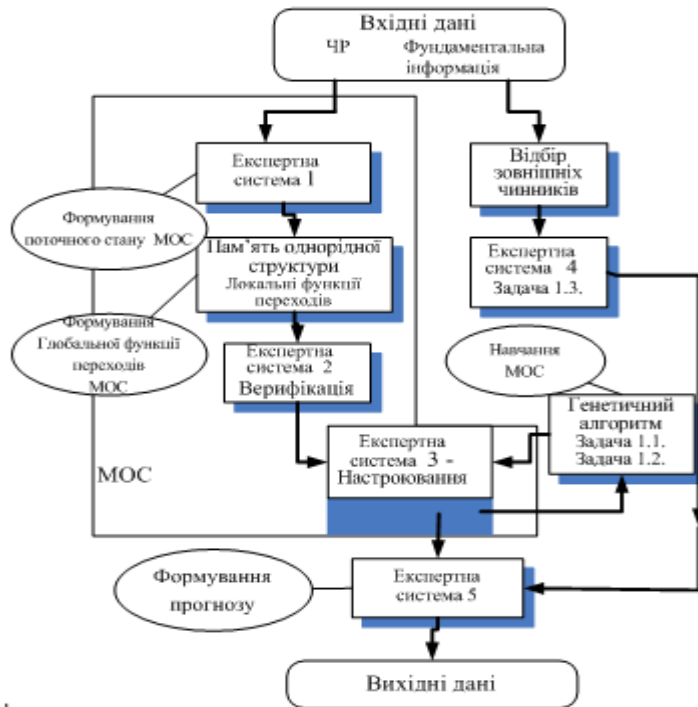


Рис. Узагальнена схема гібридної прогнозової моделі ГМ1

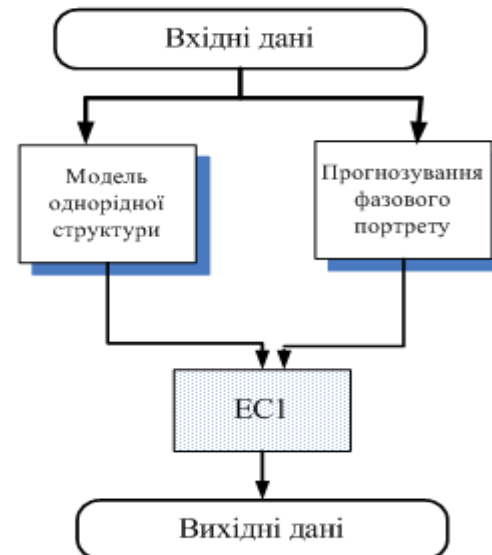


Рис. Узагальнена схема гібридної прогнозової моделі ГМ2

Досвід застосування:

ЧР, що розглядалися:

- **I – мегарівень** – ЧР ціни на дорогоцінні метали (золото, срібло та ін) енергоносії – ціни на нафту та природний газ (світові, Україна)
- **II – макрорівень** – ЧР ІВВП, базового індексу зростання промислового виробництва
- **III – мезорівень** – ЧР базового індексу зростання промислового виробництва регіону (ЗО),
– ЧР надходжень до місцевих бюджетів,
- **IV – мікрорівень** – ЧР доходу від реалізації продукції (промислових товарів) суб'єктів господарювання, показників виробничої діяльності, податкових відрахувань,
- **Природні** – ЧР сонячної активності (числа Вольфа),
ЧР врожайності с/г культур

МЕГАРІВЕНЬ ЕКОНОМІКИ:

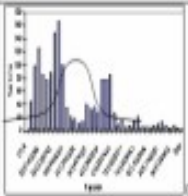
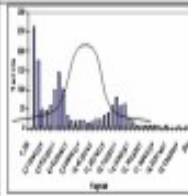
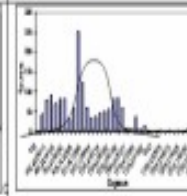
Ринок дорогоцінних металів



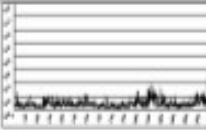
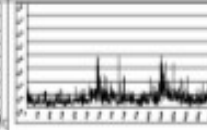
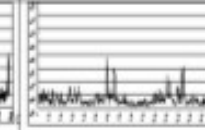
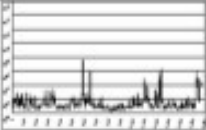
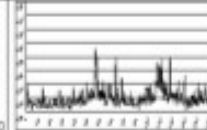
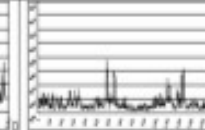
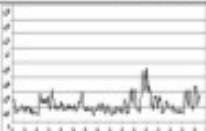
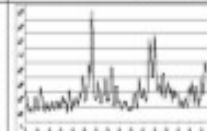
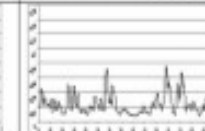
Динаміка світових цін на дорогоцінні метали (в USD) (поденно) за період з січня 2002 р. по березень 2008 р

Елементи статистичного аналізу

Порівняльний аналіз гістограм та чисельних оцінок розподілу рівнів ЧР Z_d , S_d , P_d поденних цін на дорогоцінні метали

Характеристика	Золото Z_d	Срібло S_d	Платина P_d
Гістограми емпіричного розподілу рівнів ЧР			
Середнє	488,5311	8,428586	940,8432
Стандартна похибка	4,101074	0,096017	8,160391
Медіана	426,3	7,07	809
Мода	310,65	4,565	925
Стандартне відхилення	162,9629	3,806909	323,8555
Дисперсія вибірки	26556,9	14,49256	104882,4
Ексіс	0,201651	-0,38993	1,629116
Асиметричність	0,949423	0,796769	1,046005
Інтервал	745,7	16,685	1827
Мінімум	277,8	4,235	449
Максимум	1023,5	20,92	2276

Порівняльний аналіз волатильності ЧР Z_d , S_d , P_d цін на дорогоцінні метали

Поточні показники	Золото Z_d	Срібло S_d	Платина P_d
Глибина періоду розрахунку $N = 5$			
Глибина періоду розрахунку $N = 10$			
Глибина періоду розрахунку $N = 30$			
Історична волатильність $\sigma_{\text{н}}, \%$	1,21	2,21	4,13

**Значення показника Херста
для ЧР цін на дорогоцінні метали та ЧР поточної волатильності**

Вид ЧР	Золото Z	Срібло S	Платина P
	Показник Херста H		
Поденний	0,960616	0,941379	0,962668
Потижневий	0,941162	0,915633	0,945379
Помісячний	0,896709	0,867328	0,905658
Волатильність з глибиною $N=5$	0,837332	0,850011	0,790976
Волатильність з глибиною $N=10$	0,863269	0,867414	0,830608
Волатильність з глибиною $N=30$	0,910984	0,894453	0,882817

Інерційність :

$$H \in [0,830; 0,963]$$

$$H_{перемш} \in [0,512; 0,587]$$

$$Z: Z_d \rightarrow Z_T \rightarrow Z_M;$$

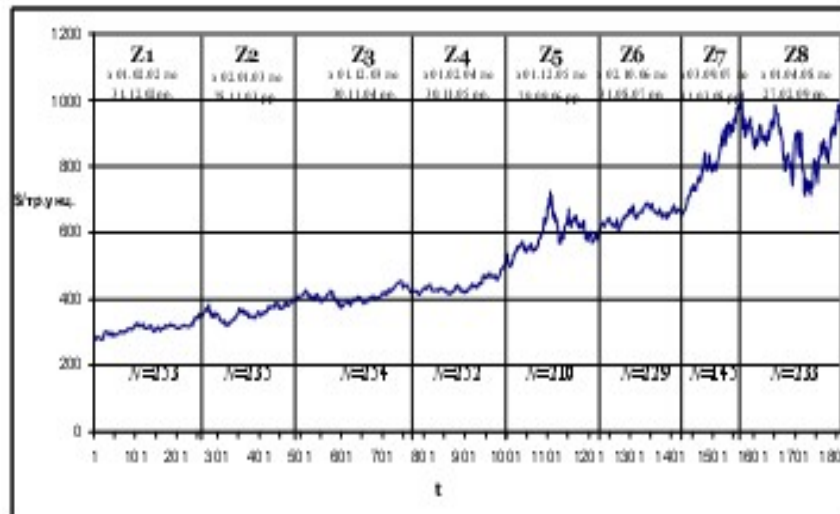
$$S: S_d \rightarrow S_T \rightarrow S_M;$$

$$P: P_d \rightarrow P_T \rightarrow P_M.$$

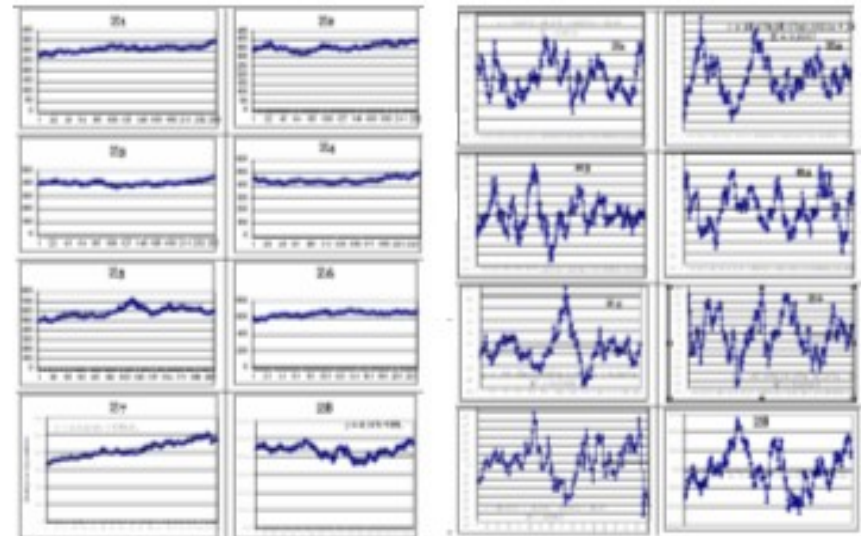
Аналіз розвитку ринку дорогоцінних металів на основі дослідження динаміки цін

Графік ЧР ціни на золото з 01.02.02 по 27.02.09 , розбитий на відрізки $Z_1 - Z_8$

(за даними лондонського фіксингу- <http://www.lbma.org.uk/stats/goldfix> - The London Bullion Market Association)



Графіки відрізків $Z_1 - Z_8$ ЧР цін на золото з трендом та видаленим трендом



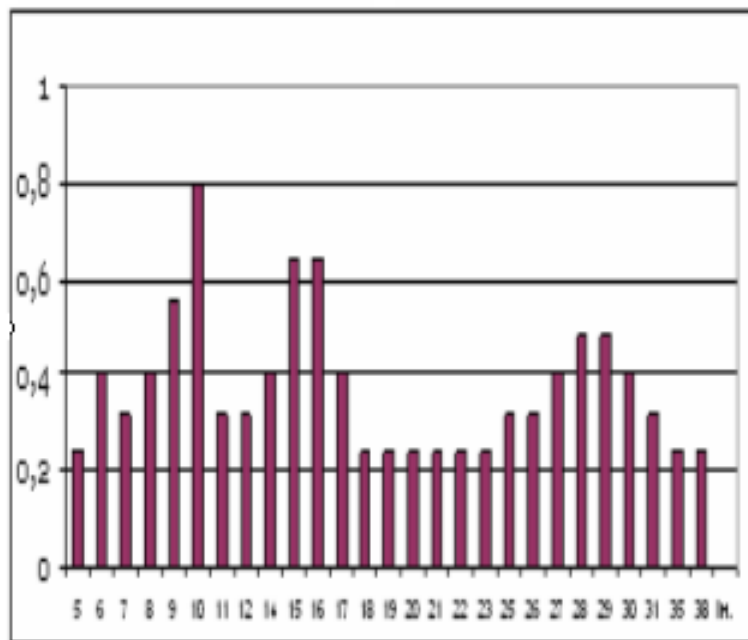
Зведені результати R/S – аналізу для динаміки ЧР Z ціни на золото та його відрізків $Z_1 - Z_8$

Відрізок часового ряду	Показник Херста H ЧР з трендом	H перемішане з трендом	Показник Херста H ЧР без тренду	H перемішане без тренду
Z	0,961	0,561	0,738	0,575
Z_1	0,935	0,566	0,855	0,582
Z_2	0,907	0,580	0,863	0,583
Z_3	0,888	0,542	0,821	0,572
Z_4	0,885	0,557	0,865	0,600
Z_5	0,922	0,548	0,875	0,575
Z_6	0,930	0,530	0,841	0,555
Z_7	0,927	0,558	0,838	0,592
Z_8	0,902	0,614	0,893	0,627

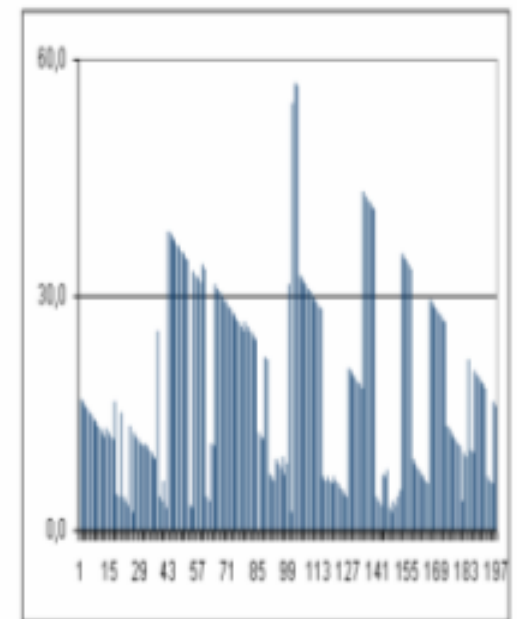
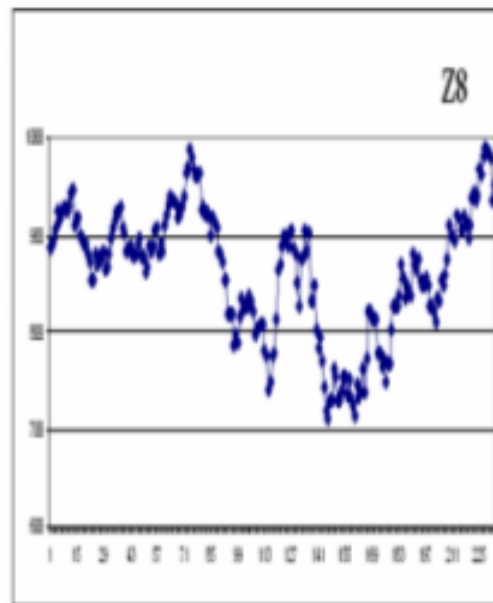
Зведені результати послідовного R/S – аналізу для динаміки ЧР Z ціни на золото та його відрізків $Z_1 - Z_8$

Відрізок часового ряду	H	Довжина ЧР n	max	min	Розмах	l_{57}	l_{52}	Історична волатильність $\sigma_{120}, \%$
Z	0,961	1579	1023,5	277,8	745,7	18,08	10	1,21
Z_1	0,935	253	348,5	277,8	70,7	16,97	9	0,71
Z_2	0,907	235	398,1	319,75	78,35	17,89	7	1,25
Z_3	0,888	254	452	373,5	78,5	15,94	7	0,83
Z_4	0,885	252	497,3	411,5	85,8	15,38	6	0,59
Z_5	0,922	209	725,75	494,4	231,35	18,15	8	2,67
Z_6	0,930	229	691	568,25	122,75	18,59	9	0,79
Z_7	0,927	145	1023,5	672,75	350,75	18,24	10	2,42
Z_8	0,902	233	989,00	712,50	276,5	18,36	10	2,13

Нечітка множина пам'яті $L(Z_8)$ відрізка ЧР Z_8
 ціни на золото, $l_{\text{дт}} = 18,36$, $l_{\text{зз}} = 10$.

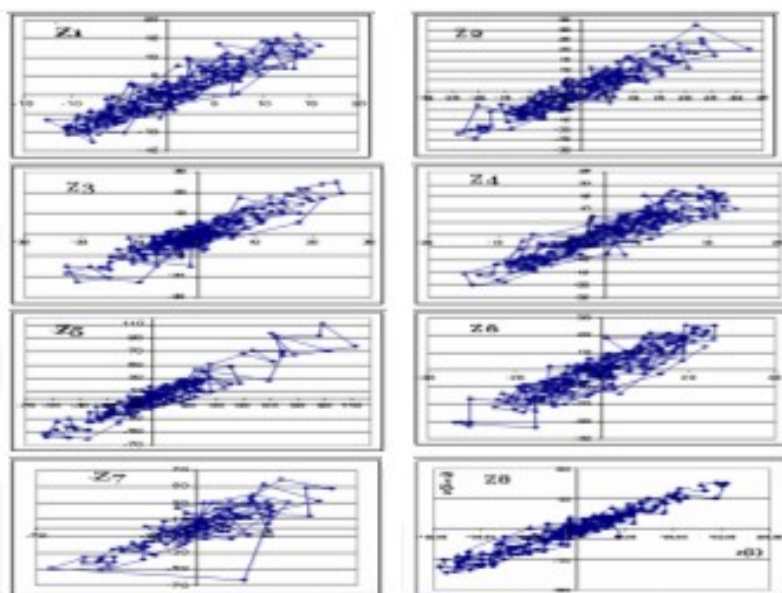


ЧР Z_8 та графічне представлення динаміки вичерпання глибини
 пам'яті про початок ряду сімейства $Z^r \in S(Z_8)$ для $r = \overline{1, 197}$

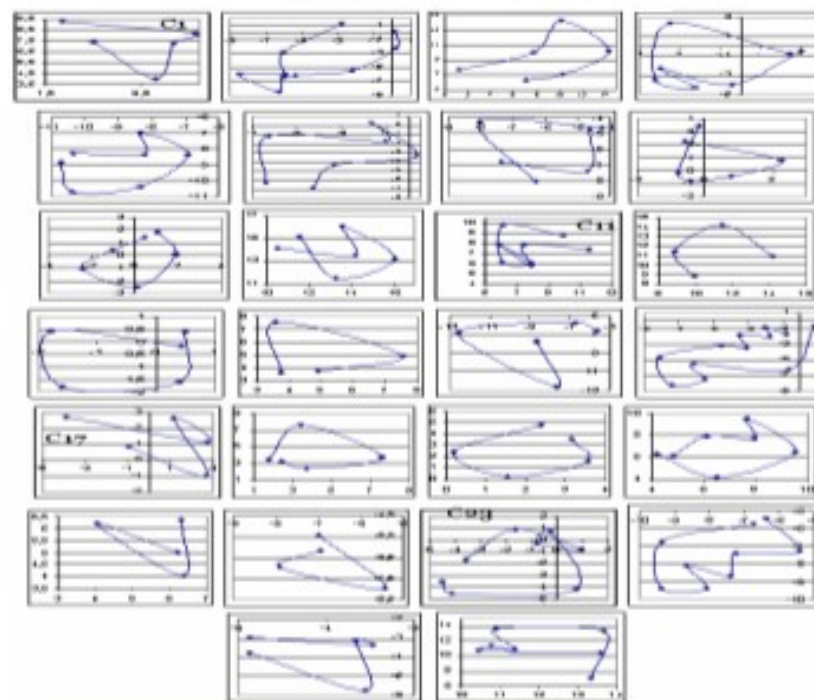


Фазовий аналіз часових рядів цін на дорогоцінні метали

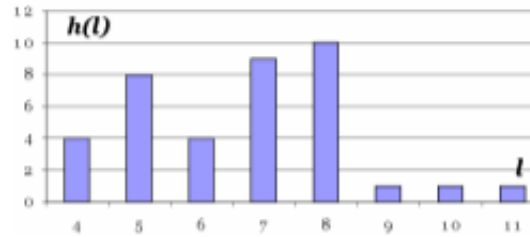
Фазові портрети $\Phi_2(Z'_k)$, $k = \overline{1,8}$ відрізків $Z'_1 - Z'_8$
 часового ряду Z з видаленням трендом



Перші 26 C_r , $r = \overline{1,26}$ квазіциклів фазового портрету
 $\Phi_2(Z'_1)$ часового ряду Z'_1

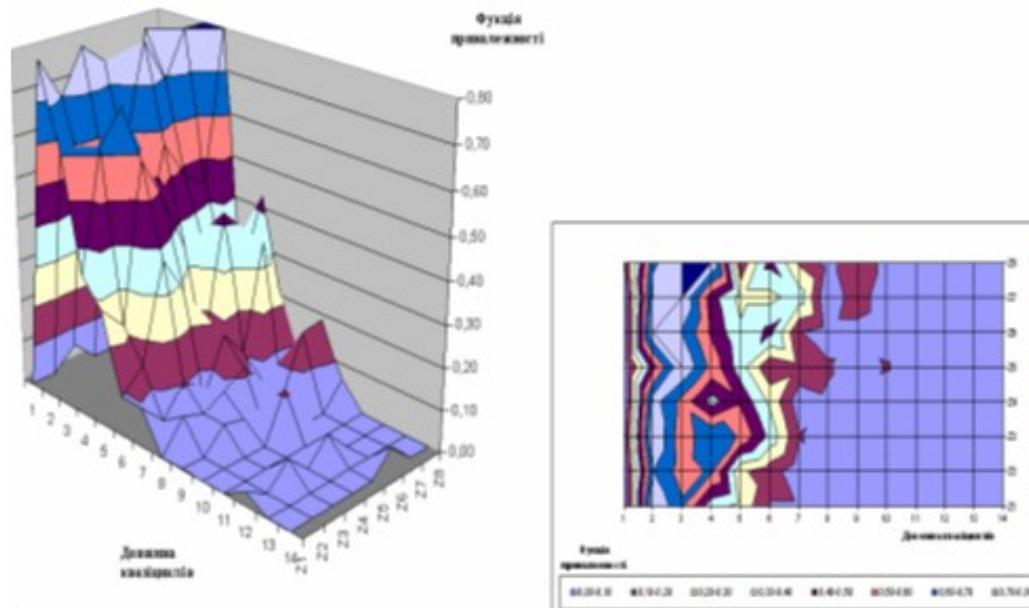


ЧР Z_1'

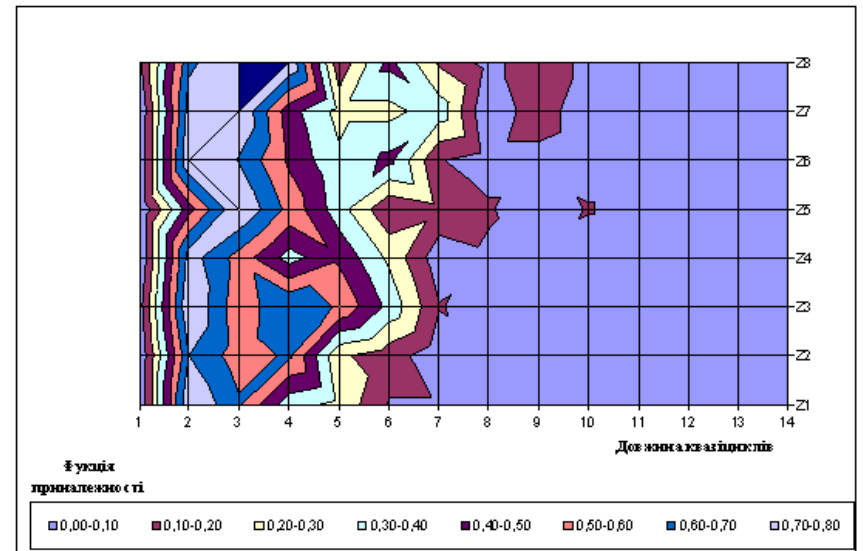
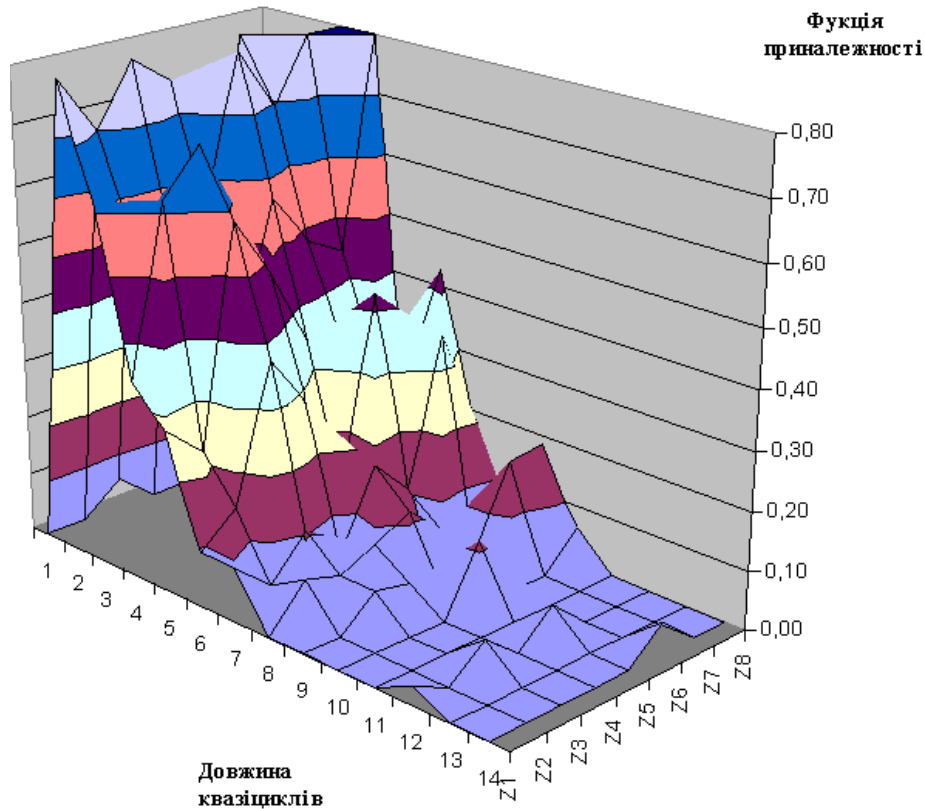


$$l_{H3} = 8, \quad l_{III} = \left(\sum_{l=9}^{14} l \cdot h(l) \right) / \left(\sum_{l=9}^{14} h(l) \right) = \frac{253}{38} \approx 6,7$$

Нечітка динаміка довжин квазіциклів



Нечітка динаміка довжин квазіциклів



Динаміка розмірів габаритного прямокутника та довжин квазіциклів

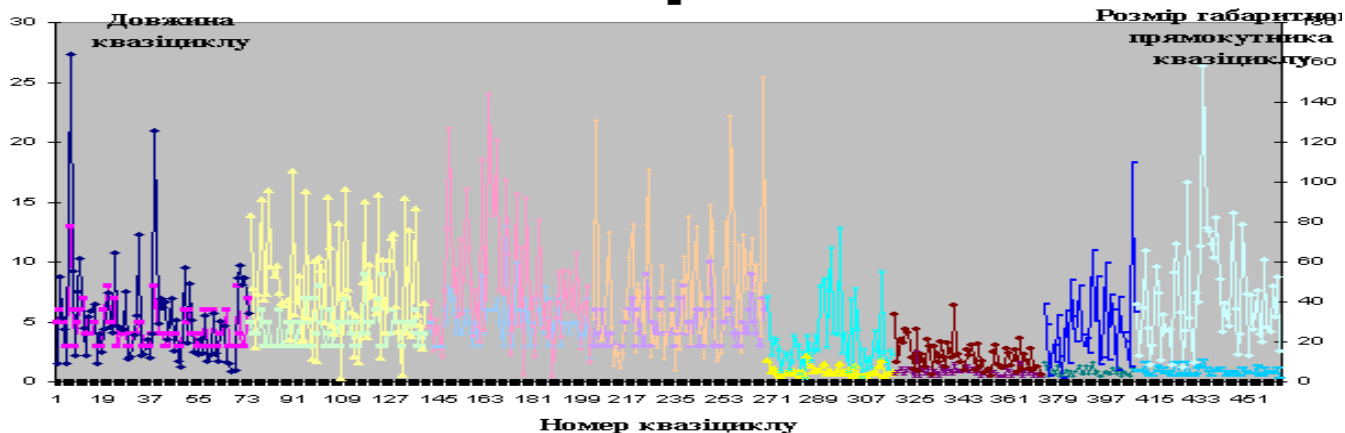


Рис.5.11 – Динаміка довжини квазіциклів ЧР Z без урахування дії «джокера»



Рис.5.11 – Динаміка довжини квазіциклів ЧР Z з урахуванням дії «джокера»

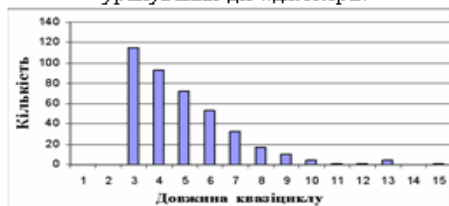


Рис. 5.12 – Гістограма розподілення частот $h(l)$ довжин l квазіциклів C_r , $r = 1,404$ ЧР Z без урахування дії «джокера»

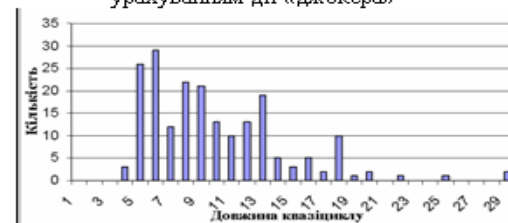


Рис.5.15 – Гістограма розподілення частот $h(l)$ довжин l квазіциклів C_r , $r = 1,200$ ЧР Z з урахуванням дії «джокера»

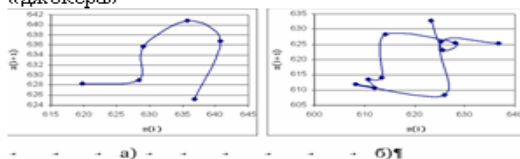


Рис. 5.13 – Типові квазіцикли ЧР Z а) без «джокера», б) із «джокером»

МАКРОРІВЕНЬ ЕКОНОМІКИ

Аналіз та прогнозування динаміки зростання промислового виробництва

Рис. Графік ЧР Y індексів ЗПВ країни

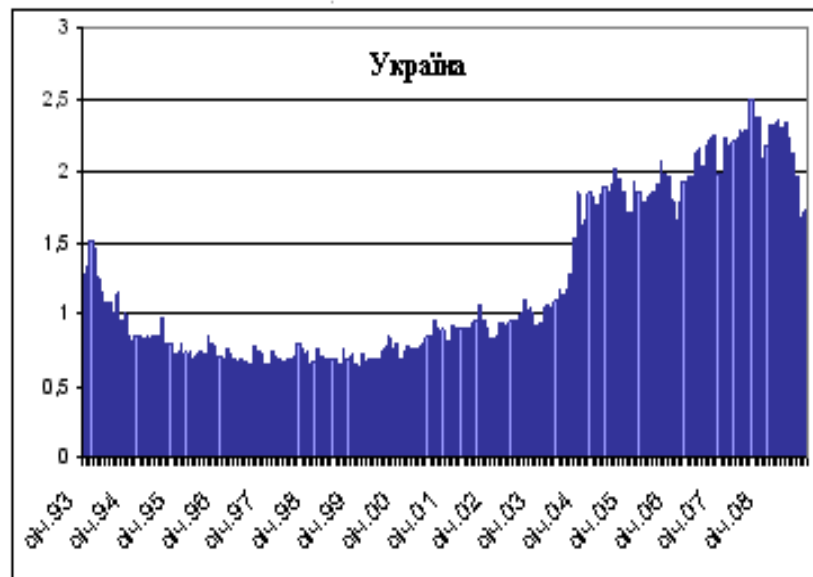
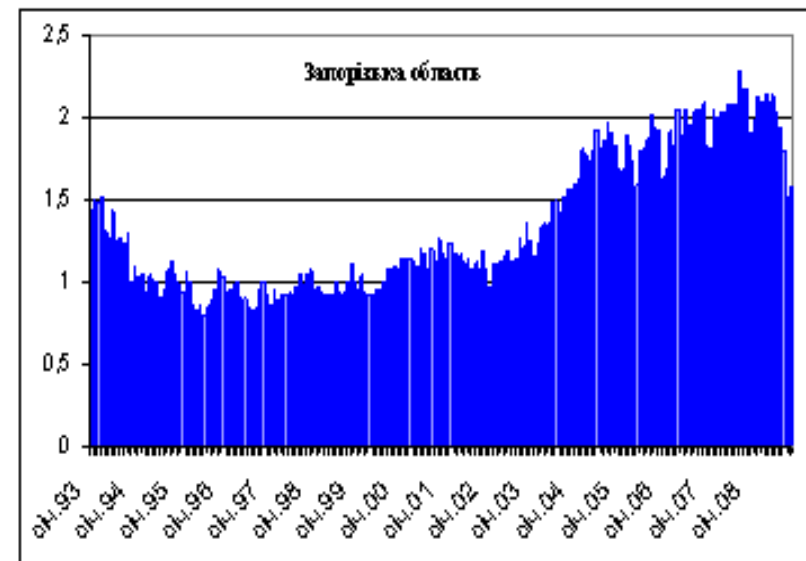
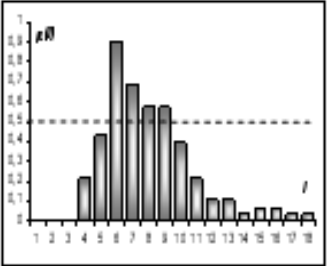
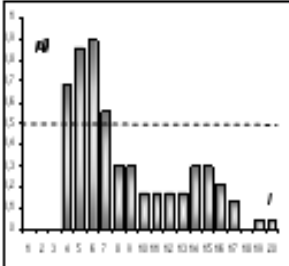


Рис.. Графік ЧР Z індексів ЗПВ регіону



Значення показників оцінки системних характеристик процесу розвитку промислового виробництва країни та регіону

Група	Показники оцінювання динаміки розвитку			
	За індексом ЗПВ країни		За індексом ЗПВ регіону	
	Числові	Нечіткі	Числові	Нечіткі
I. Інерційність	$H = 0,897$ $H_{перем} = 0,602$ $l_{H3} = 6$ $l_{ЦГ} = 7,28$ $\varepsilon \geq 0,3$	$L(Y) =$ $\{(4, 0,19), (5, 0,45), (6, 0,86),$ $(7, 0,68), (8, 0,55), (9, 0,55),$ $(10, 0,39), (11, 0,16), (12, 0,09),$ $(13, 0,09), (14, 0,03), (15, 0,06),$ $(16, 0,06), (17, 0,03), (18, 0,03)\}$ Рівень <u>ε-типовості</u> $\tau(Z) \approx 0,82$ - якісна оцінка «ВИСОКИЙ».	$H = 0,890$ $H_{і дізі} = 0,621$ $l_{i \zeta} = 6$ $l_{\partial \partial} = 7,79$ $\varepsilon \geq 0,3$	$L(Z) =$ $\{(4, 0,68), (5, 0,83), (6, 0,90),$ $(7, 0,56), (8, 0,30), (9, 0,30),$ $(10, 0,17), (11, 0,17), (12, 0,17),$ $(13, 0,17), (14, 0,30), (15, 0,30),$ $(16, 0,21), (17, 0,13), (19, 0,04)$ $(20, 0,04)\}$ Рівень <u>ε-типовості</u> $\tau(Z) \approx 0,66$ - якісна оцінка «середній».
II. <u>L-стійкість</u>	$l_{max} = 18$ $I_L^{0,3}(Y) = 6$		$l_{max} = 20$ $I_L^{0,3}(Z) = 8$	
III. <u>L-мінливість</u>	$\mu(3) = 0$ $\mu(4) = 0,19$		$\mu(3) = 0$ $\mu(4) = 0,68$	
IV. Невизначеність	Інформаційна ентропія $H_L = 3,4$ $H_L^{0,3} = 1,17$	Інформац. ентропія $H_L = 4,2$ $H_L^{0,3} = 2,26$		

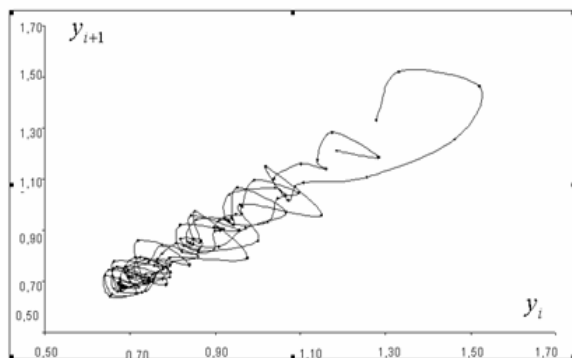


Рис. - $\Phi_2(Y)$ - фазовий портрет ЧР Y ІЗПВ країни

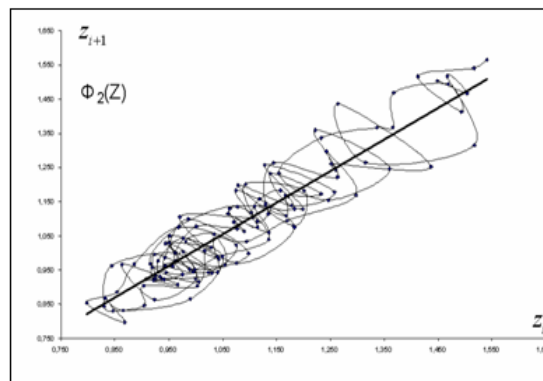


Рис. - $\Phi_2(Z)$ - фазовий портрет ЧР Z ІЗПВ регіону

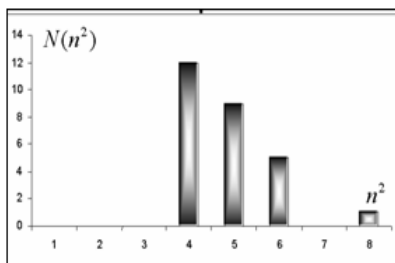


Рис. - Гістограма емпіричних частот $N(n^2)$ довжини n^2 квазіциклів ФП $\Phi_2(Y)$

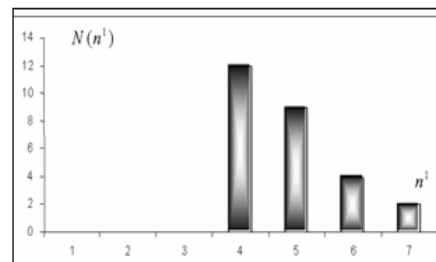
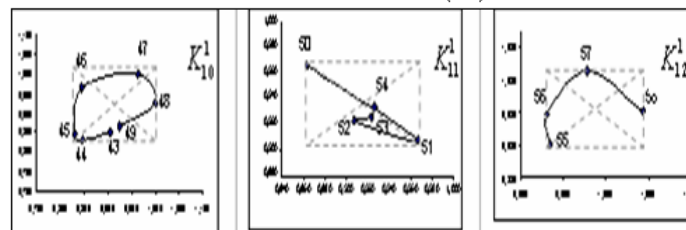
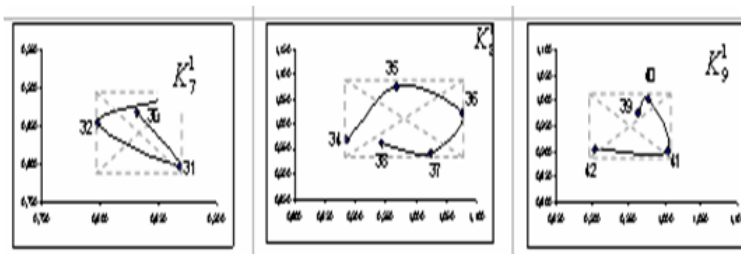


Рис. - Гістограма емпіричних частот $N(n^1)$ довжини квазіциклів ФП $\Phi_2(Z)$



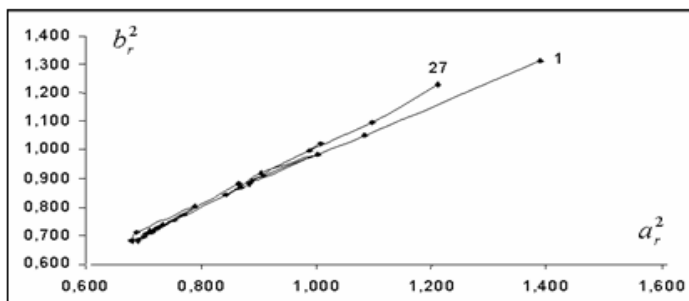


Рис. - Траекторія дрейфу центрів габаритних прямокутників квазіциклів ФП $\Phi_2(Y)$

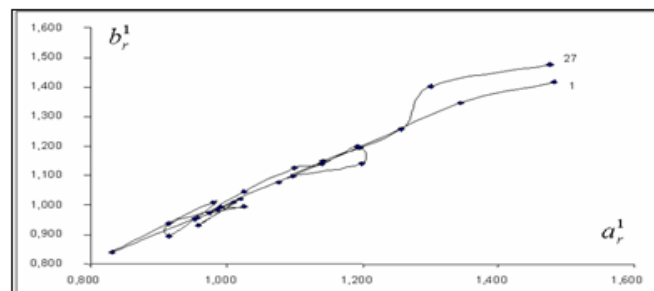


Рис. - Траекторія дрейфу центрів габаритних прямокутників квазіциклів ФП $\Phi_2(Z)$

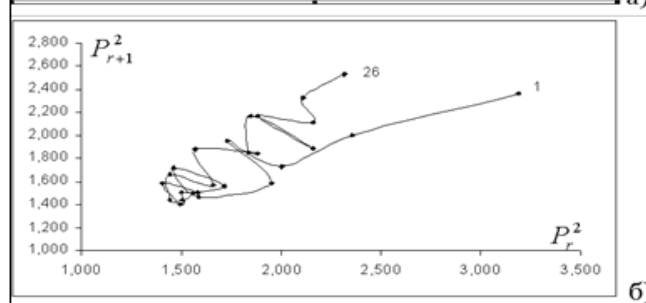
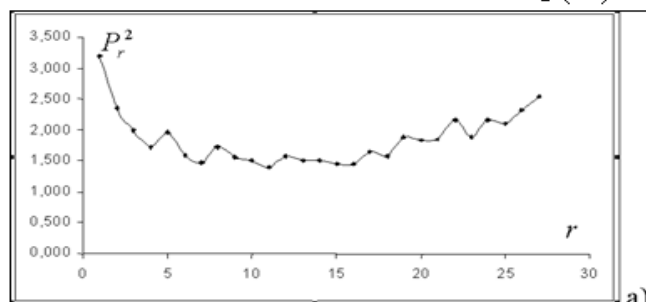


Рис. – (а) Траекторія дрейфу напівпериметрів габаритних прямокутників квазіциклів ФП $\Phi_2(Y)$,
(б) – ФП цієї траекторії

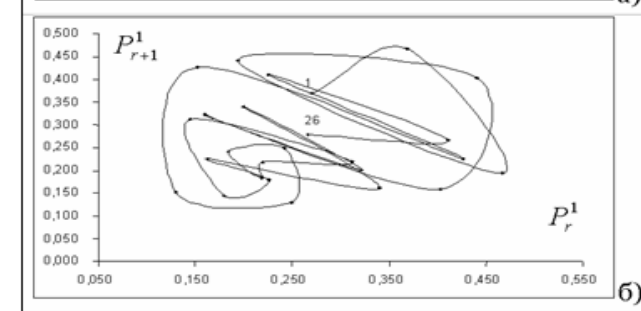
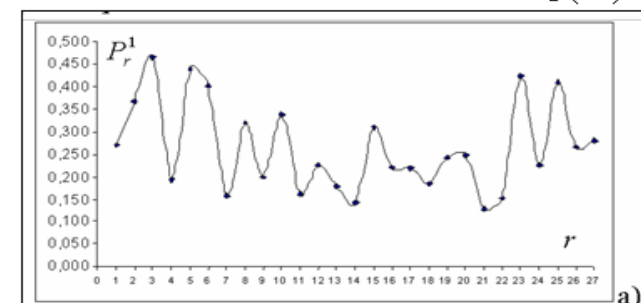


Рис. – (а) Траекторія дрейфу напівпериметрів габаритних прямокутників квазіциклів ФП $\Phi_2(Z)$,
(б) – ФП цієї траекторії

Прогнозування розвитку економічних систем на базі моделі однорідної структури та гібридного підходу

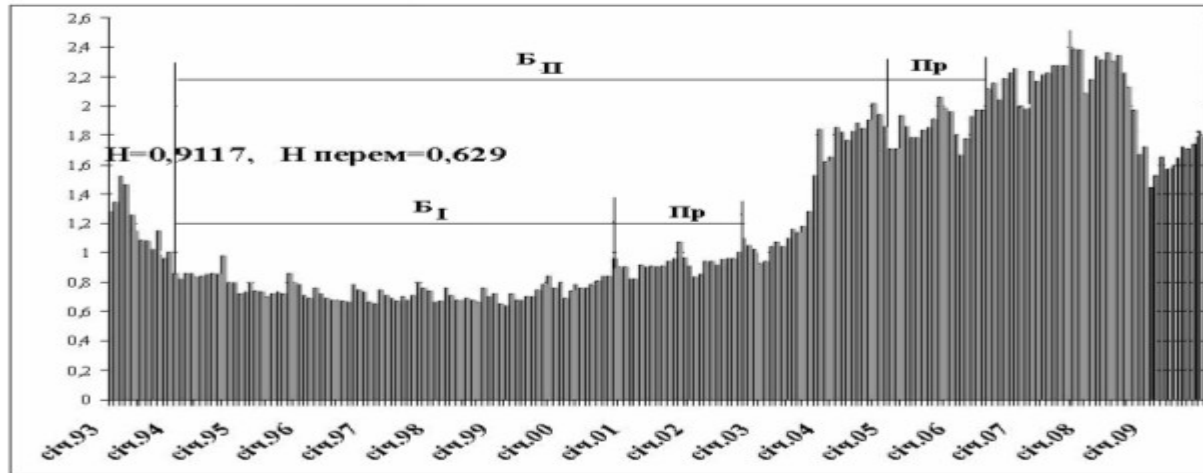


Рис. ЧР базових індексів зростання промислового виробництва України (з 01.1993 р. по 09.2009 р.)

B_I – 01.94 по 12.2000 р. – $Y^1 = \langle y^1_i, i = \overline{1,98} \rangle$ та

B_{II} – з 01.94 по 12.2005 р. – $Y^2 = \langle y^2_i, i = \overline{1,158} \rangle$.

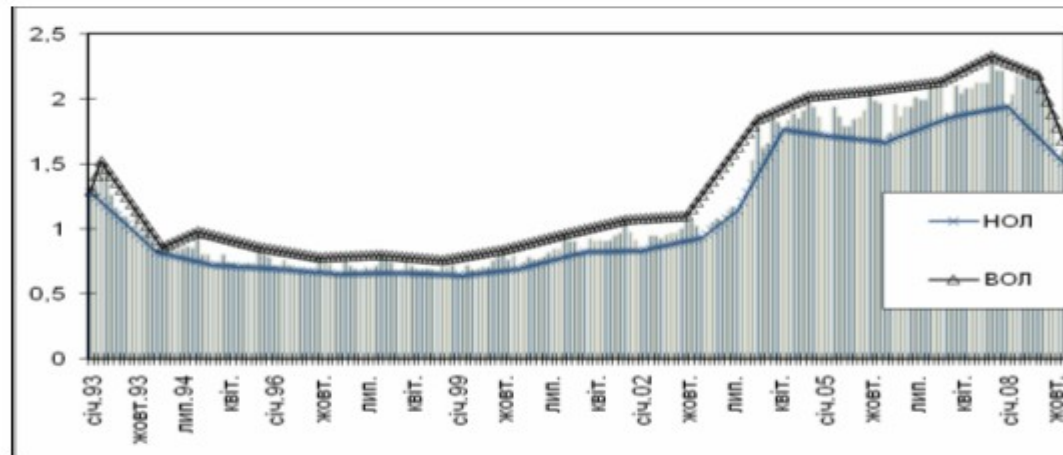


Рис. 4.39. Результат побудови нижньої (НОЛ) та верхньої (ВОЛ) огинаючих ламаних для ЧР (4.5) при $n = 192$

Фрагмент лінійного часового ряду $U = \{u_i\}, i = \overline{1,192}$,

отриманого в результаті перетворення ЧР $X = \{x_i\}, i = \overline{1,192}$

базових індексів зростання промислового виробництва (ЗПВ) України (з 01.1993 р. по 09.2008 р., базовий місяць – 12.1993 р.)

	січ.93	лют.93	бер.93	квіт.93	трав.93	черв.93	лип.93	серп.93	вер.93	жовт.93	лист.93	груд.93	січ.94	
x_i	1,28	1,34	1,52	1,46	1,26	1,15	1,09	1,08	1,02	1,15	0,96		10,86	
	Л	Ч	Р	Н	С	В	В	С	Н	Н	Н	Н	В	Н
	лют.94	бер.	квіт.	трав.	черв.94	лип.94	серп.	вер.	жовт.	лист.	груд.94	січ.95	лют.95	
x_i	0,82	0,86	0,86	0,83	0,84	0,85	0,86	0,85	0,98	0,8	0,80	0,72	0,73	
	Л	Ч	Р	Н	С	В	В	С	С	В	Н	Н	Н	Н
	бер.	квіт.	трав.	черв.95	лип.95	серп.	вер.	жовт.	лист.95	груд.95	січ.96	лют.96	бер.	
x_i	0,80	0,74	0,73	0,70	0,72	0,73	0,72	0,86	0,80	0,78	0,71	0,69	0,76	
	Л	Ч	Р	Н	Н	Н	Н	В	С	С	Н	Н	С	
	квіт.	трав.	черв.96	лип.96	серп.	вер.	жовт.	лист.96	груд.96	січ.97	лют.97	бер.	квіт.	
x_i	0,72	0,69	0,68	0,68	0,67	0,66	0,78	0,75	0,73	0,66	0,65	0,75	0,71	
	Л	Ч	Р	Н	Н	Н	В	В	С	Н	Н	В	С	
	трав.	черв.	лип.	серп.97	вер.97	жовт.	лист.97	груд.97	січ.98	лют.98	бер.	квіт.	трав.	
x_i	0,69	0,67	0,70	0,68	0,71	0,80	0,76	0,74	0,66	0,67	0,76	0,71	0,68	
	Л	Ч	Р	Н	Н	С	В	В	С	Н	Н	В	С	Н

Локальні функції переходів в моделі однорідної структури для ЧР ЗПВ

України (для l -послідовностей, $l = \overline{1,5}$) (фрагмент)

(темним кольором виділено l -послідовності з пам'яттю)

l-послідовність	Кількість переходів l-послідовностей з терм			Загальна кількість переходів	Частоти переходів l-послідовностей			
	Н	С	В		Н	С	В	
1	Н	50	16	12	78	0,641	0,205	0,154
	С	20	34	14	68	0,294	0,500	0,206
	В	7	19	19	45	0,156	0,422	0,422
2	НН	29	11	10	50	0,580	0,220	0,200
	НС	4	6	5	15	0,267	0,400	0,333

3	ННН	19	6	4	29	0,655	0,207	0,138
	ННС	4	4	3	11	0,364	0,364	0,273
	ННВ	1	7	2	10	0,100	0,700	0,200
	НСН	4	0	0	4	1,000	0,000	0,000
	НСС	1	5	0	6	0,167	0,833	0,000
	НСВ	0	1	4	5	0,000	0,200	0,800
	НВН	1	0	1	2	0,500	0,000	0,500
	НВС	4	4	0	8	0,500	0,500	0,000
	НВВ	0	2	0	2	0,000	1,000	0,000
	СНН	9	5	3	17	0,529	0,294	0,176
	СНС	0	2	0	2	0,000	1,000	0,000
	СНВ	0	1	0	1	0,000	1,000	0,000
	ССН	5	1	0	6	0,833	0,167	0,000
	ССС	0	11	8	19	0,000	0,579	0,421
	ССВ	1	4	4	9	0,111	0,444	0,444
СВН	1	0	0	1	1,000	0,000	0,000	

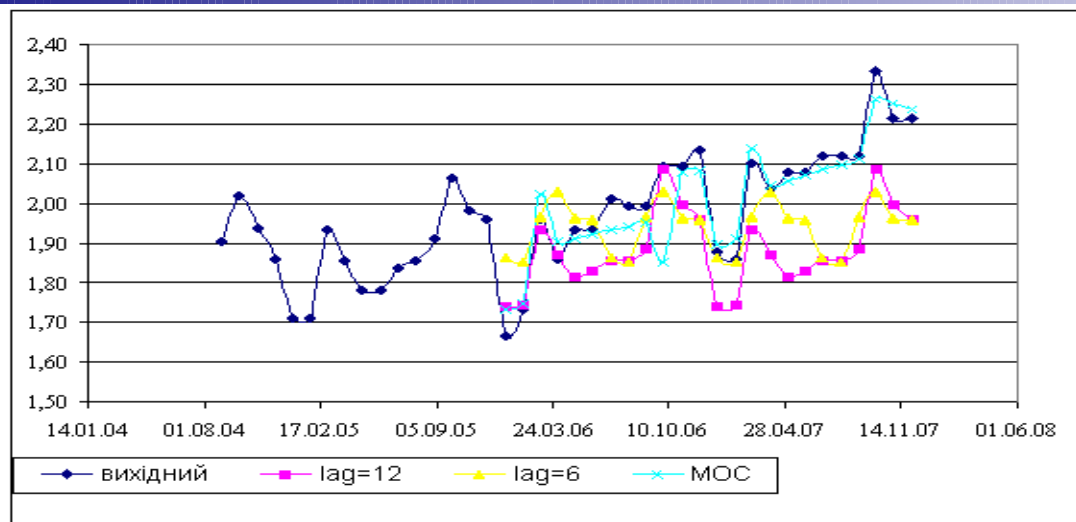


Рис. . Порівняння фактичних даних та прогнозів методом експоненційного згладжування (мультиплікативна модель з коефіцієнтом сезонності $lag=6$) та МОС за даними базового періоду БП

Таблиця __

Оцінки точності прогнозування індексів ЗПВ України на τ періодів

Метод прогнозування та його параметри	Період упередження τ	Оцінки похибки прогнозу			
		Середня абсолютна	Середньо-квадратична	Корінь з середньоквадр. Відсоткова	Абсолютна середня відсоткова
		MAE	MSE	RMSPE	MAPE
Експоненційне згладжування $\alpha = 0,9$ $\delta = 0,9$, $lag = 6$	$\tau = 6$	0,0573	0,0053	3,86	3,07
	$\tau = 12$	0,0848	0,0104	5,10	4,28
	$\tau = 18$	0,1176	0,0191	6,82	5,87
	$\tau = 24$	0,1499	0,0296	8,19	7,23
Експоненційне згладжування $\alpha = 0,9$ $\delta = 0,9$, $lag = 12$	$\tau = 6$	0,0911	0,0137	6,71	5,16
	$\tau = 12$	0,1021	0,0146	6,39	5,33
	$\tau = 18$	0,0901	0,0122	5,74	4,61
	$\tau = 24$	0,1295	0,0250	7,59	6,28
Модель однорідної структури	$\tau = 6$	0,0415	0,0019	2,35	2,1
	$\tau = 12$	0,0551	0,0068	3,89	2,73
	$\tau = 18$	0,0424	0,0048	3,22	2,08
	$\tau = 24$	0,0428	0,0040	3,02	2,08

мультиплікативна модель експоненційного згладжування із сезонним компонентом:

$$z^{I\delta}(t) = S(t) \cdot I(t-lag), S(t) = \alpha z(t) + (1-\alpha) \cdot S(t-1), I(t) = I(t-lag) + \delta \cdot (1-\alpha) \cdot e(t) / S(t)$$

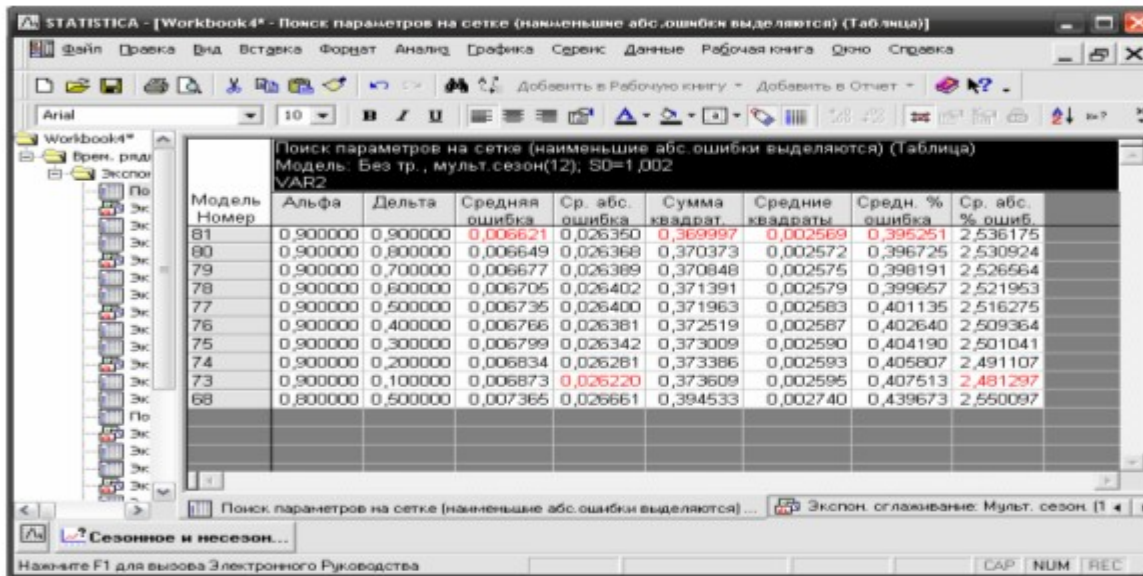


Рис. В.1. Вікно пакету STATISTICA для вибору кращих параметрів для моделі експоненційного згладжування

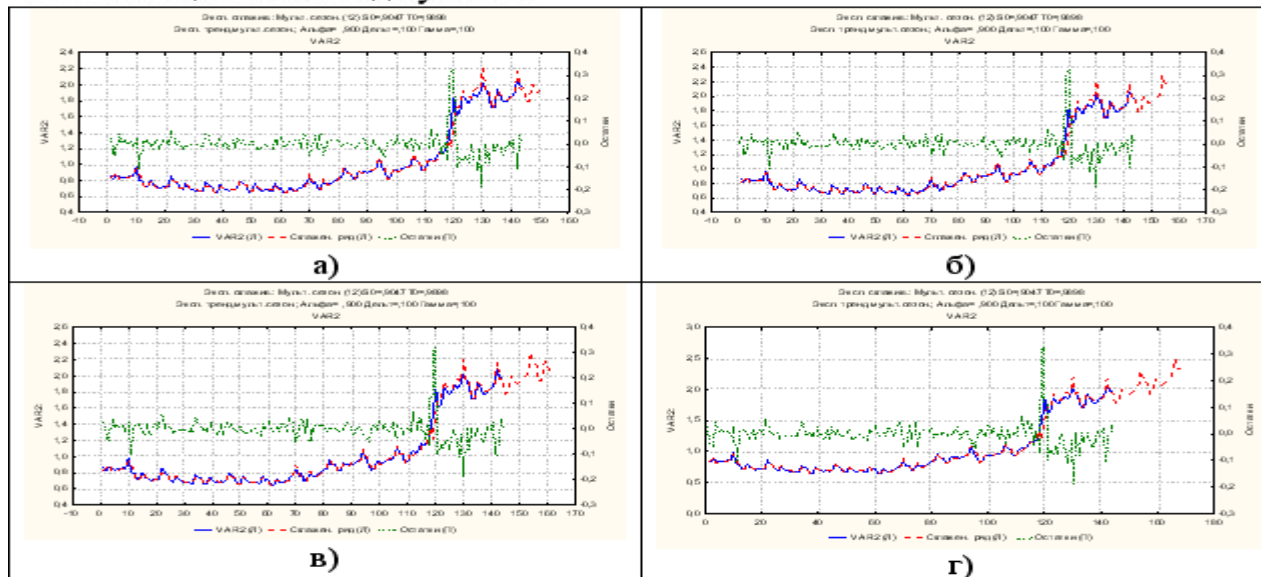


Рис.В.2. Результати прогнозування ЧР $X = \langle x(t) \rangle$ індексів ЗПВ. Модель експоненційного згладжування з параметрами $Alpha = 0,9$ $delta = 0,1$ $\gamma = 0,1$; сезонний період 12, на період τ (а) $\tau=6$, б) $\tau=12$, в) $\tau=18$, г) $\tau=24$)

Багатокритеріальний підхід до порівняльного аналізу часових рядів надходжень до місцевих бюджетів

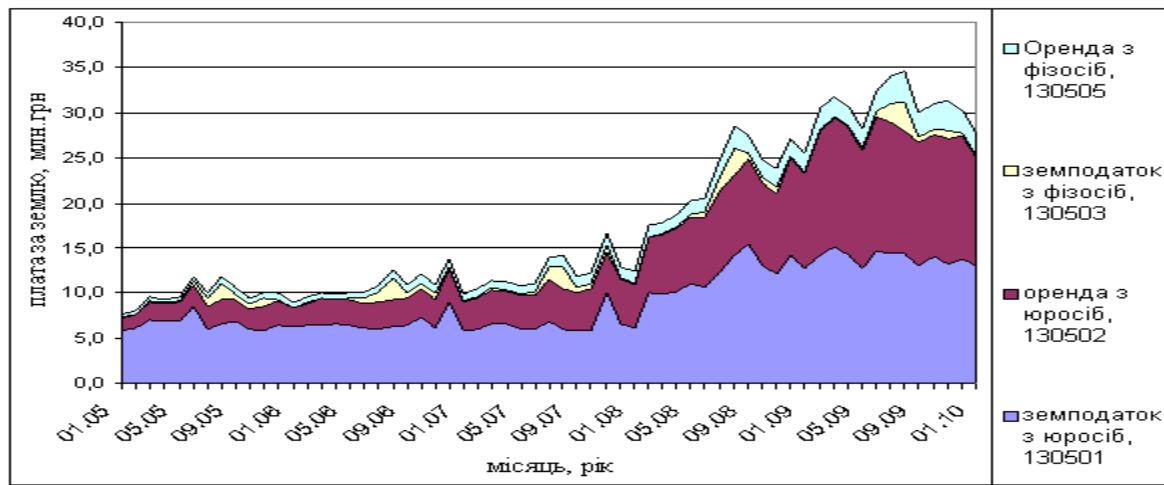


Рис. Д.1. Динаміка плати за землею з урахуванням структури податку за кодом 13050000 по Запорізькій області

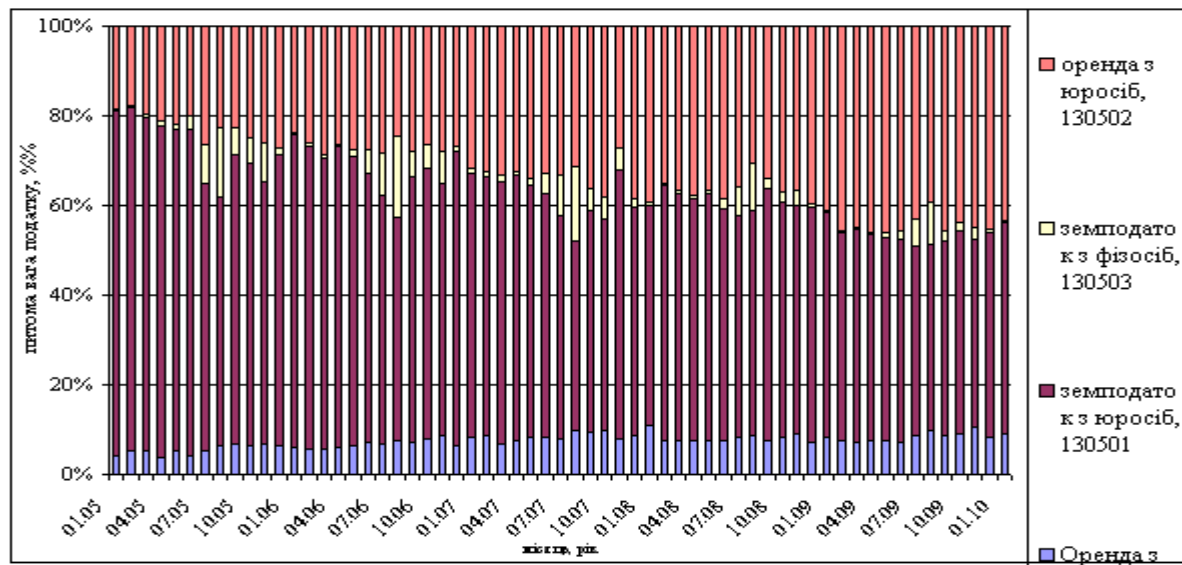


Рис. Д.2. Динаміка структури плати за землею (код податку –13050000) по Запорізькій області за видами податку

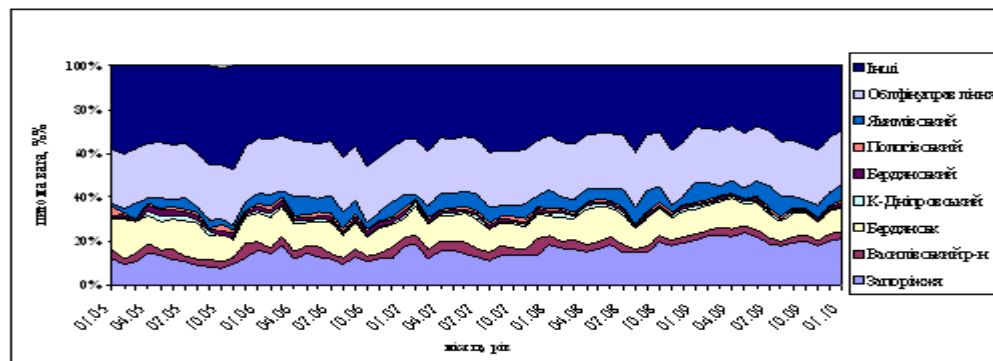


Рис. Д.3. Динаміка структури орендної плати фізичних осіб за землю (код податку – 13050500) в Запорізькій області в розрізі регіонів

$V^j = \langle v_i^j \rangle, i = \overline{1, n}$ - ЧР надходжень від сплати податку до j -го бюджету з накопиченням впродовж року.
 $(V^j)^j = \langle v_i^j \rangle, i = \overline{1, n}$ - помісячні надходження, $v_i^j = v_i^j - v_i^{j-1}, i = \overline{1, n}, v_0 = 0$.
 $(V^j)^j = \langle (v^j)_i^j \rangle, i = \overline{1, n}$ - базові індекси, $(v^j)_i^j = \frac{v_i^j}{v_1^j}, i = \overline{1, n}$,
 де v_1^j - обсяг надходжень у базовому місяці $i = 1$.
 $Z^j = \langle z_i^j \rangle, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, 26}, z_i = v_i^j$

Зведена таблиця графічного представлення ЧР щомісячних надходжень до бюджетів від податку «Орендна плата за землю від фізичних осіб» (код -13050500), ЧР базових індексів надходжень до бюджету та нечіткої множини глибокої пам'яті ЧР

№	ЧР надходжень до бюджету (помісячні) (у тис. грн.) $(V^j)^j = \langle v_i^j \rangle, i = \overline{1, n}$	ЧР базових індексів надходжень до бюджету (помісячні, до базового місяця - 01.2005) $(V^j)^j = \langle (v^j)_i^j \rangle, i = \overline{1, n}$	Нечітка множина глибокої пам'яті ЧР $L((V^j)^j) = \{a_k, \mu(a_k)\}, k = \overline{1, \overline{d_j}}\}$
1	1_м_Запорізькі	1_м_Запорізькі	
2	2_м_Бердзешські	2_м_Бердзешські	
3	3_м_Мілітополь	3_м_Мілітополь	

(Фрагмент)

Таблиця Д.2

Зведена таблиця значень показників кількісного оцінювання динаміки базових індексів надходжень до бюджету

$$(V^n)^j = \langle (v_i^j)^j \rangle, i = \overline{1, n}$$

j	Регіони	H	$H_{перем}$	$\mu(3)$	$\mu(4)$	$l_{цт}$	$l_{нз}$	$H_{енерп_L}$	ε - ТИПОВІСТЬ	$l_{цт}^{\varepsilon}$	$H_{енерп_L}^{\varepsilon}$	d_L
1	м. Запоріжжя	0,87	0,57	0,27	0,4	6,67	5	11,60	0,70	5,95	3,60	10
2	м.Бердянськ	0,79	0,56	0	0,53	11,94	5, 8, 16	13,63	0,81	12,12	5,70	17
3	м.Мелітополь	0,82	0,55	0,2	0,8	8,41	4	25,99	0,30	4	0,22	6+7+1
4	м.Токмак	0,84	0,55	0,24	0,56	7,45	6	15,72	0,67	6,79	3,41	11+1
5	м.Енергодар	0,78	0,57	0	0,32	7,88	6	19,19	0,71	6,22	2,97	10+3
6	Бердянський	0,77	0,55	0,53	0,67	7,85	6	11,71	0,85	6,94	5,04	7+4+1
7	Василівський	0,80	0,55	0,22	0,57	8,05	5	11,28	0,74	6,63	4,87	9+4+1
8	Веселівський	0,67	0,55	0	0,8	10,87	4	14,15	0,85	10,83	4,69	3+10
9	В.-Білозерський	0,70	0,54	0,09	0,28	8,49	8	22,40	0,56	6,83	2,88	9+5
10	Вільнянський	0,72	0,51	0,28	0,18	7,24	5	17,70	0,66	6,22	2,21	9+1+2
11	Гуляйпільський	0,77	0,56	0,34	0,46	8,98	5	22,18	0,80	7,27	6,21	10+4+3
12	Запорізький	0,76	0,53	0,09	0,36	8,13	6	26,68	0,63	5,76	2,54	10+2+3
13	К.-Дніпровський	0,75	0,50	0,16	0,24	8,65	5	26,45	0,65	7,28	5,47	11+2+3
14	Куйбишевський	0,72	0,57	0,1	0,2	9,45	5	23,62	0,68	8,59	4,06	16
15	Мелітопольський	0,72	0,56	0,13	0,8	11,88	4	34,75	0,45	6,11	1,95	3+11+8
16	Михайлівський	0,72	0,53	0,16	0,8	11,43	4, 6, 16	18,47	0,84	11,22	5,64	6+1+10
17	Новомиколаївський	0,72	0,54	0,12	0,8	10,96	4, 6	19,71	0,8	10,25	4,98	6+1+10
18	Оріхівський	0,79	0,56	0,2	0,3	10,22	6	28,04	0,62	8,89	6,87	15+3
19	Пологівський	0,77	0,52	0,8	0,48	9,13	3, 6, 14	11,62	0,98	8,96	9,79	15
20	Приазовський	0,78	0,55	0,64	0,8	9,72	4, 5, 15	15,25	0,89	9,10	6,08	6+9+1
21	Приморський	0,81	0,53	0,23	0,8	8,6	4, 6	27,81	0,62	6,29	2,39	16+1
22	Розівський	0,66	0,53	0,46	0,46	8,14	5, 6, 8	26,74	0,76	6,11	3,58	18
23	Токмацький	0,77	0,52	0,34	0,23	11,62	15	18,82	0,82	11,81	7,19	5+10
24	Чернігівський	0,74	0,54	0,46	0,57	10,06	6	24,92	0,75	8,42	7,48	6+7+4+1
25	Якимівський	0,80	0,57	0,46	0,34	8,25	7	18,24	0,79	6,74	5,14	13+2
26	Облфінуправління	0,85	0,55	0,53	0,8	11,41	4	26,37	0,61	9,12	6,35	5+14+1

$$F(Z^j) = (F_1(Z^j), F_2(Z^j), \dots, F_k(Z^j), \dots, F_N(Z^j)),$$

$F_1(Z^j) = H(Z^j)$ - показник Херста,

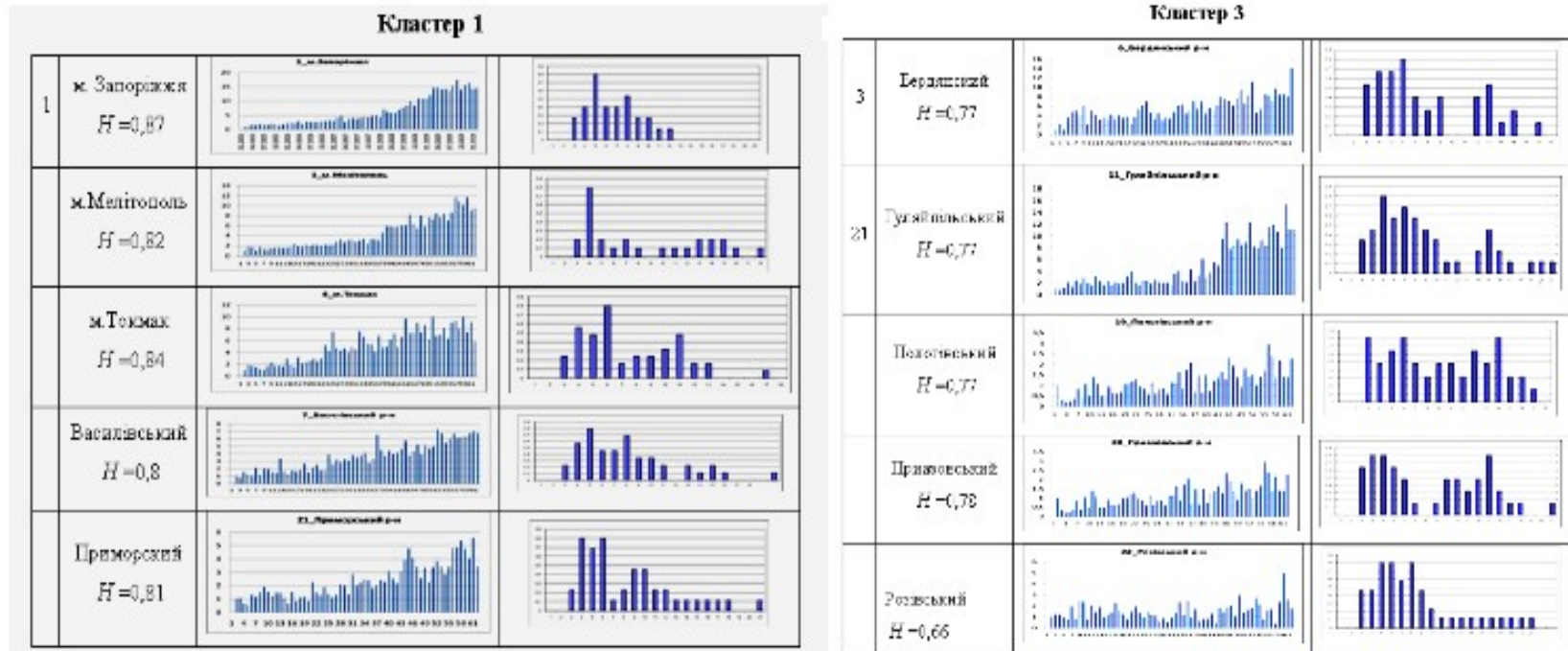
$F_2(Z^j) = \mu(3)^j$ - показник локальної стійкості,

$F_3(Z^j) = \mu(4)^j$,

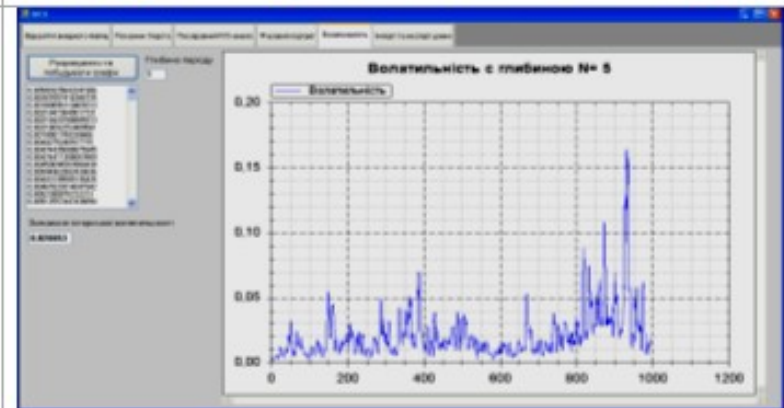
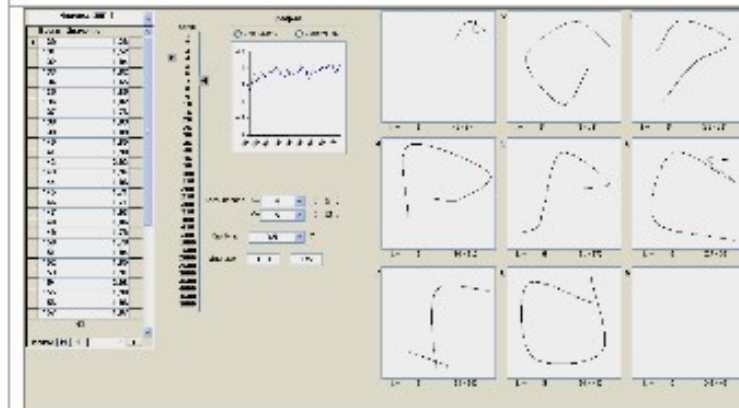
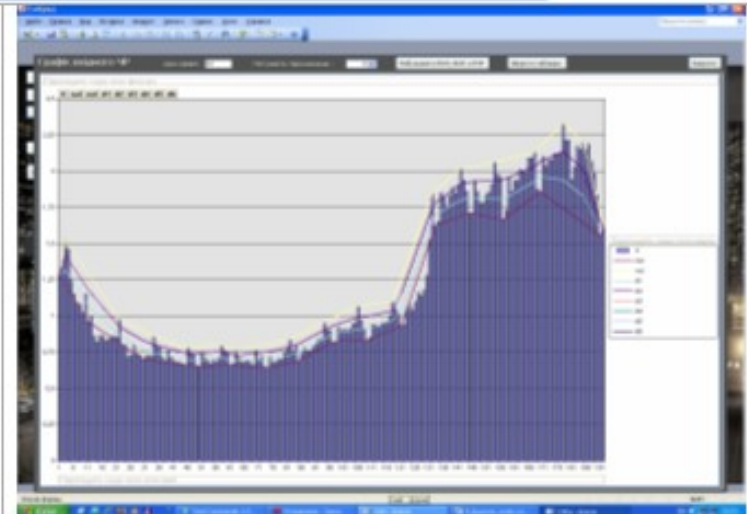
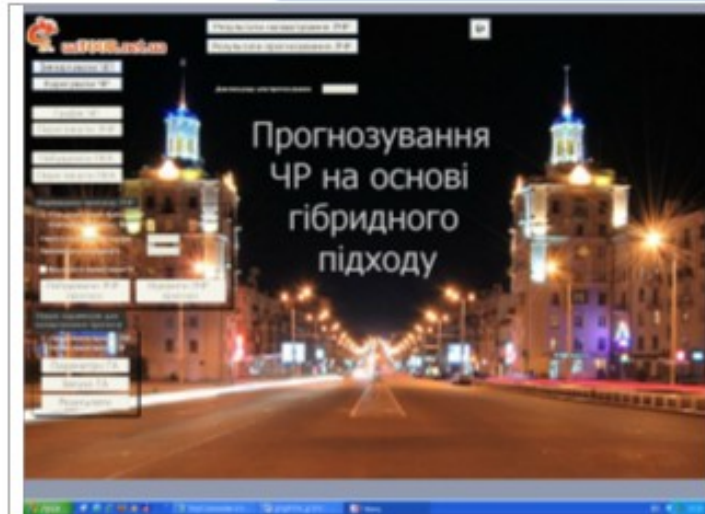
$F_4(Z^j) = H_{\text{дод}_L}(Z^j)$ - показник інформаційної ентропії,

$F_5(Z^j) = l_{00}(Z^j)$ - центр тяжіння.

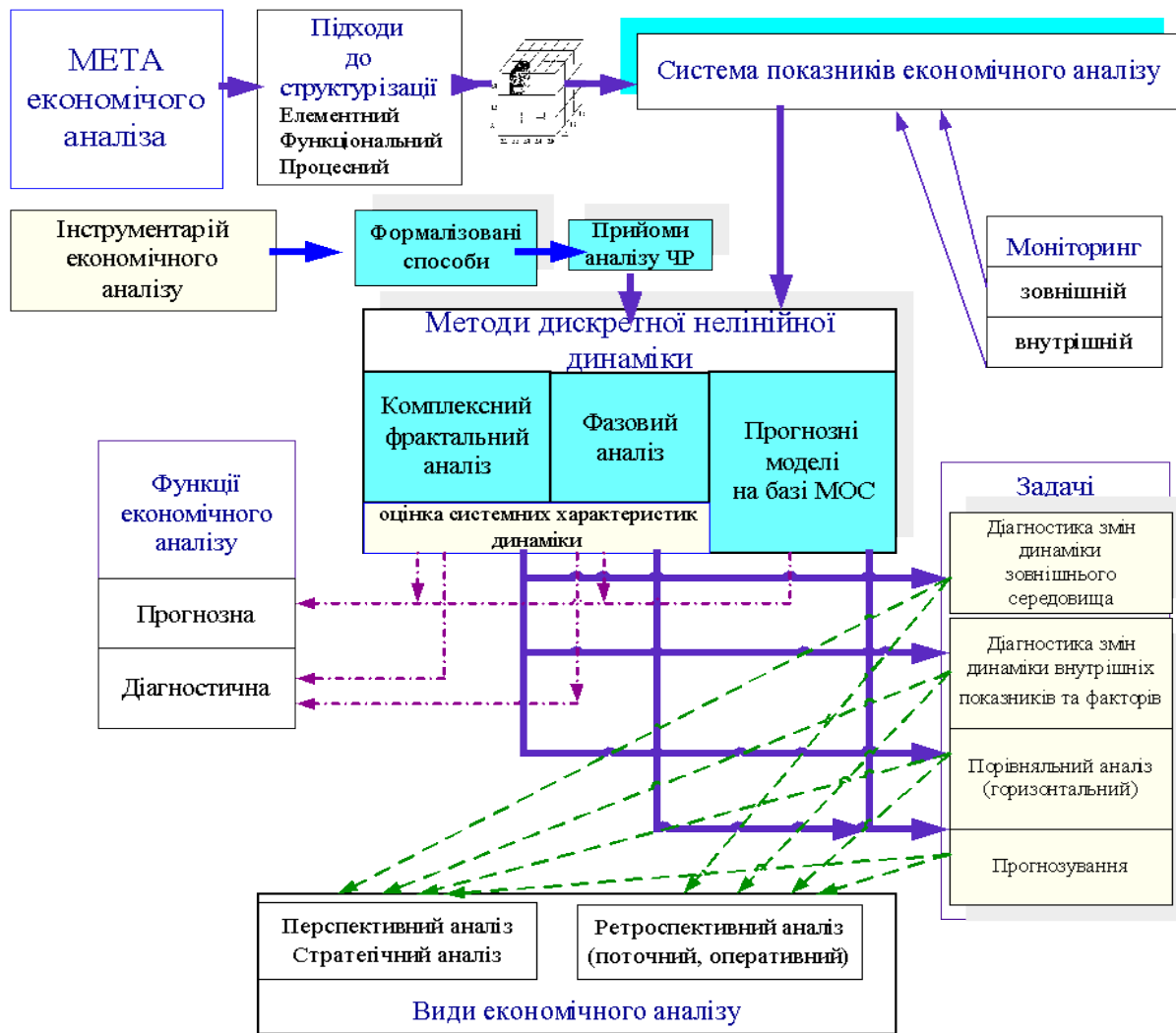
Результати щодо групування бюджетів, що подібні за частковими критеріями F_1 ($\mu_1 = 0,84$) та F_2 ($\mu_2 = 0,16$)



Реалізація системи комп'ютерної підтримки аналізу та прогнозування
на базі методології дискретної нелінійної динаміки



Структурна схема застосування інструментарію дискретної нелінійної динаміки для задач економічного аналізу



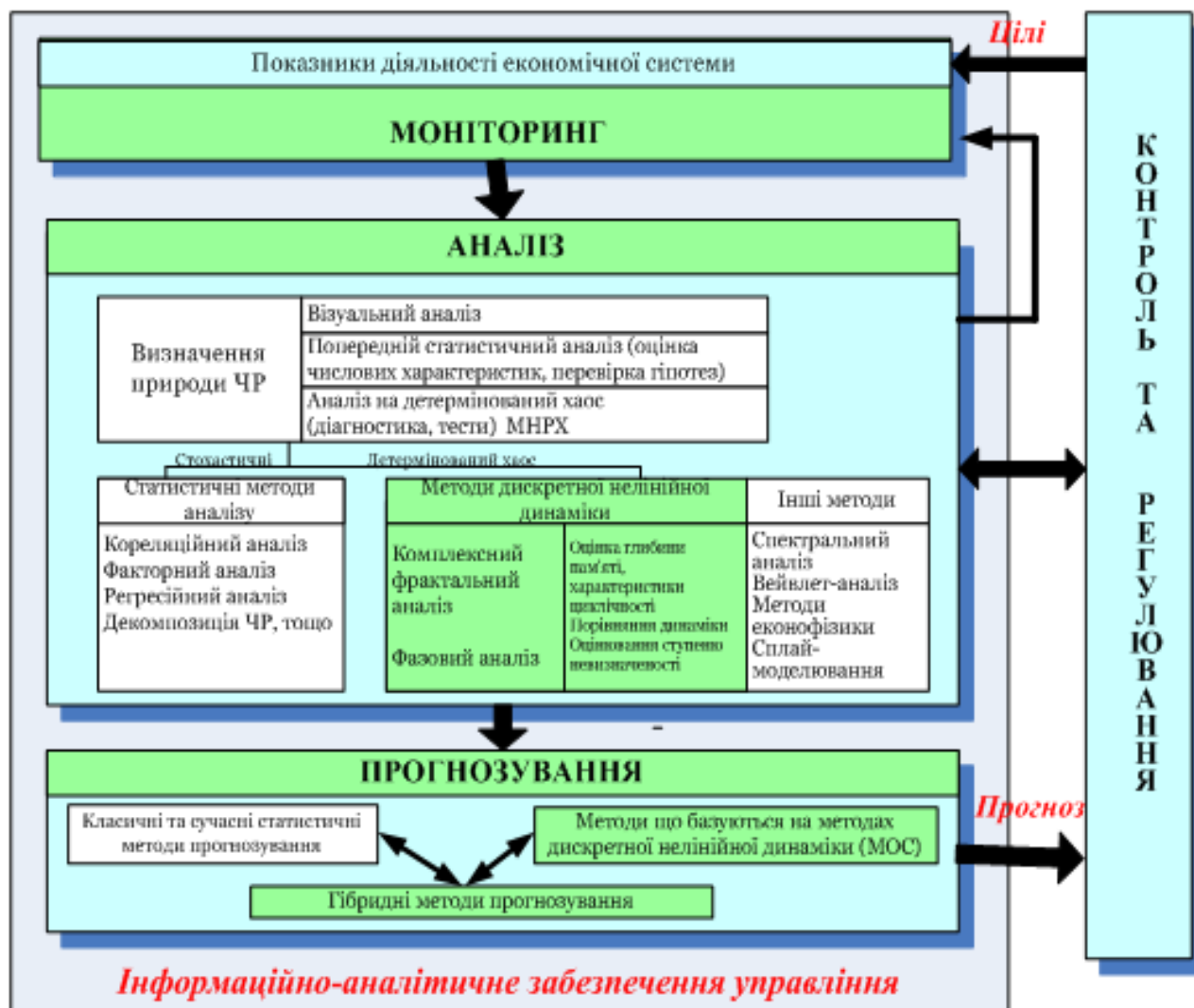
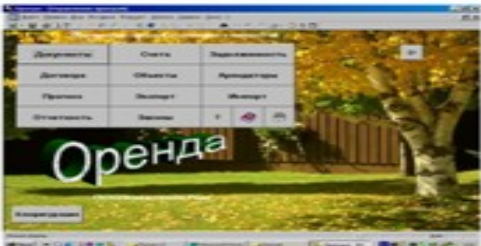


Рис.5.4. Узагальнена схема використання методів дискретної нелінійної динаміки в інформаційно-аналітичному забезпеченні системи управління в економіці

КІП „Система керування орендою нерухомості”



Інструменти управління і контролю місцевих та регіональних органів влади

КІП „Домовладний, населений, вибори”

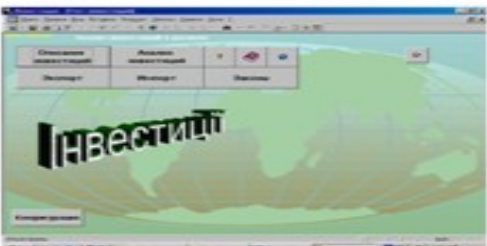


КІП „Облік і керування земельними ресурсами”

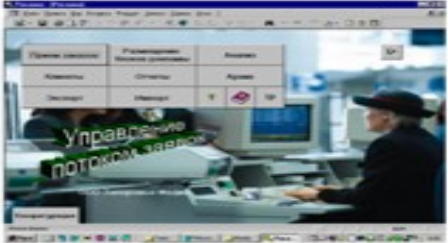


КІП „Планування і аналіз бюджету”

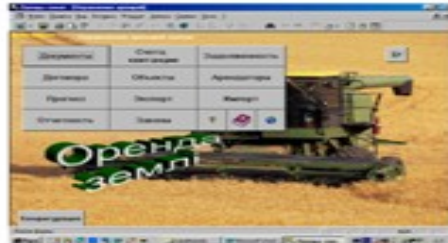
КІП „Система обліку і аналізу інвестицій”



КІП „Управління і розпорядження ресурсами в друкарстві”



КІП для організації навчального процесу в учбових закладах”



КІП „Управління орендою земельних ресурсів”

Впровадження та практичне застосування

для аналізу та прогнозування бюджетних надходжень та видатків обласної, районних та сільських рад у часовому та територіальному розрізі;

при розробці проектів «Інформаційна система сільської ради», «Інформаційно-аналітична система управління ресурсами адміністративного району», які стали переможцями III та IV Всеукраїнського конкурсу проектів та програм розвитку місцевого самоврядування у 2005 і 2006 роках;

при розробці інформаційно-аналітичного модуля комп'ютерної системи автоматизації управління підприємством;

Перспективи подальших досліджень

Простір для подальших наукових досліджень у широкому спектрі економічних проблем, що породжуються сучасним станом соціально-економічних процесів у глобалізованому світі і характеризуються нелінійністю, нестаціонарністю, високим рівнем невизначеності та ризиками. Зокрема:

- побудова нечіткої класифікації економічних систем за особливостями динаміки процесів, що в них відбуваються,
- подальший розвиток гібридного підходу до розробки прогнозних моделей,
- інше.



Дякую за Вашу увагу!