

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет механічний
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

ДИПЛОМНА РОБОТА
магістра

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ СТИБКІВ ПАРАМЕТРІВ
БАГАТОВИМІРНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ

Завідувач кафедри, канд. техн. наук, проф.



О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.



І. В. Грайворонська

Керівник, д-р техн. наук, проф.



О. В. Полярус

Студентка гр. ММ-61-22



О. К. Павленко

Харків – 2023

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний

Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

Освітній рівень магістр

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 О. І. Богатов

«11» жовтня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТКИ**

Павленко Олександри Костянтинівни

1. Тема роботи: «Дослідження методу виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів в інтелектуальній інформаційно-вимірювальній системі».

Керівник роботи: Полярус Олександр Васильович, д-р техн. наук, проф.

Затверджена наказом по університету «11» жовтня 2023 року № 130

2. Строк подання студенткою роботи «01» грудня 2023 р.



3. Вхідні дані до роботи: ДСТУ ISO/TS 16949.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Аналіз наявних вимірювальних систем багатомірних випадкових процесів; 2. Сутність методу візуалізації багатовимірних випадкових процесів; 3. Результати моделювання системи візуального виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів; 4. Структура інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи для візуалізації багатомірних випадкових процесів; 5. Рекомендації щодо виконання вимог охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Ілюстрації наявних методів виявлення швидких змінювань параметрів випадкових процесів (слайди); 2. Ілюстрації методу візуалізації багатовимірного випадкового процесу (слайди); 3. Результати моделювання системи візуального виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів; 4. Структурна схема інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи для виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів (кресленик, слайди); 5. Рекомендації щодо практичного впровадження запропонованого методу (слайди).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
5	Богатов О. І., канд. техн. наук, проф.		

7. Дата видачі завдання «20» вересня 2023 року


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення літератури з теми дипломної роботи	20.09.2023	
2	Аналіз наявних методів виявлення швидких змінювань параметрів випадкових процесів	30.09.2023	
3	Сутність методу візуалізації багатовимірних випадкових процесів	01.10.2023	
4	Результати моделювання системи візуального виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів	20.10.2023	
5	Обґрунтування структурної схеми інтелектуальної інформаційно-виміральної системи для виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів	10.11.2023	
6	Рекомендації щодо практичного впровадження запропонованого методу	15.11.2023	
7	Формулювання висновків	20.11.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки	25.11.2023	
9	Створення презентації на Power Point	28.11.2023	
10	Відправка роботи на рецензію	01.12.2023	

Студентка групи ММ-61-22

 О.К. Павленко

Керівник роботи

 О. В. Полярус

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 92 с., 61 рис., 12 джерел.

БАГАТОВИМІРНІ ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ,, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ,
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА,
СТРИБКИ ПАРАМЕТРІВ

Об'єкт дослідження – стрибки параметрів багатовимірних випадкових процесів в інтелектуальній інформаційно-вимірювальній системі (ІВС).

Предмет дослідження – новий метод виявлення стрибків основних параметрів багатовимірних випадкових процесів в ІВС.

Мета роботи – дослідити новий метод виявлення стрибків основних параметрів багатовимірних випадкових процесів в ІВС.

Методи дослідження – синтез оптимальної вимірювальної системи, візуалізація багатовимірних випадкових процесів, статистичне моделювання.

У дипломній роботі було проведено дослідження нового методу виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів в сучасних інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах, яке є важливим питанням в контексті подальшого швидкого розвитку новітніх комп'ютерних технологій та постійних змін, що безперервно відбуваються в інформаційному середовищі.

Результати даного дослідження сприятимуть отриманні найвищої точності у вимірах, покращенню ефективності, стійкості та розвитку інтелектуальних систем в умовах постійно зростаючого обсягу інформації та виникаючих складнощів у зборі, проведенні аналізу, опрацюванні, збереженні та передачі даних щодо виявлення стрибків основних параметрів багатовимірних випадкових процесів в ІВС.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

ВІС – вимірювальна інформаційна система

ЕОМ – електронно-обчислювальні машини

ІВС – інформаційно-вимірювальна система

ІІВС – інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система

КАФЕДРА МІЖДІСЦИПЛІНАРНОЇ ІНФОРМАТИКИ

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	5
Вступ.....	7
1. Аналіз наявних вимірювальних систем багатомірних випадкових процесів...	9
1.1 Аналіз результатів вимірювання стрибків параметрів випадкових процесів традиційними методами.....	9
1.2 Методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів.....	12
1.3 Математичні методи оцінювання стрибків параметрів сигналів.....	16
1.4 Синтез системи оптимального вимірювання стрибків параметрів випадкових процесів.....	21
1.5 Висновки до першого розділу.....	24
2. Сутність методу візуалізації багатовимірних випадкових процесів.....	25
2.1 Наявні методи візуалізації випадкових процесів.....	26
2.2 Метод візуалізації багатовимірних випадкових процесів.....	28
2.3. Висновки до другого розділу.....	29
3. Результати моделювання системи візуального виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів.....	30
3.1 Гаусівська функція ймовірності.....	30
3.2 Результати моделювання нестационарних процесів зі стрибками параметрів	32
3.3 Результати моделювання випадкових процесів зі стрибками параметрів.....	53
3.4 Висновки до третього розділу.....	58
4. Структура інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи для візуалізації багатомірних випадкових процесів.....	64
4.1 Первинні вимірювальні пристрої ПВС.....	64
4.2 Система зберігання вимірювальної інформації.....	65
4.3 Система обробки сигналів в ПВС.....	65
4.4 Інтелектуальні алгоритми вимірювання.....	66
4.5 Система прийняття рішення.....	66
4.6 Висновки до четвертого розділу.....	67
5. Рекомендації щодо виконання вимог охорони праці.....	68
5.1 Правові та організаційні основи охорони праці.....	68
5.2 Аналіз умов праці та стану безпеки.....	69
5.3 Основні вимоги до організації робіт, пов'язаних із використанням ЕОМ...	69
5.4 Інженерні рішення щодо поліпшення умов праці та стану безпеки.....	71
5.5 Організаційні заходи щодо поліпшення умов праці та стану.....	72
5.6 Висновки до п'ятого розділу.....	73
Висновки.....	75
Перелік посилань	78
Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи.....	80

ВСТУП

При аномальній роботі технічних об'єктів виникають швидкі змінювання їх параметрів, які називають стрибками. Якщо аналізується один параметр, тоді амплітуди стрибків та дисперсія визначаються системою стохастичних диференційних рівнянь. Якщо параметрів багато і вони описуються випадковими процесами, тоді доцільним є перехід до візуалізації багатовимірних цих процесів і візуального виявлення стрибків одного чи декількох їх параметрів. Застосування ПВС дозволяє покращити процес виявлення і вимірювання стрибків параметрів.

Дипломна робота присвячена розв'язанню актуальної теми – дослідження нових методів виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів в ПВС. Саме застосування нового методу стає ключовим елементом для вдосконалення точності та надійності вимірювань у багатовимірних випадкових процесах та відповідає на запити в даній галузі розвитку сучасного суспільства.

Об'єкт дослідження – стрибки основних параметрів багатовимірних випадкових процесів в ПВС.

Предмет дослідження – метод виявлення стрибків основних параметрів багатовимірних випадкових процесів в ПВС.

Основною метою дослідження є вивчення, розробка та впровадження нового методу виявлення стрибків у основних параметрах ПВС, зокрема у декількох багатовимірних випадкових процесів. Новий метод в дипломній роботі використовувати сучасні вимірювальні та інформаційні технології.

Для досягнення поставленої мети застосовано методи візуального виявлення стрибків багатовимірних випадкових процесів, методи синтезу оптимальних вимірювальних систем, що здатні вимірювати стрибки параметрів сигналів, статистичного моделювання, аналізу й опису даних стрибків основних параметрів реалізації декількох багатовимірних випадкових процесів в ПВС. Важливим етапом є впровадження алгоритмів, що дозволяють виявляти стрибки та аномалії в реальному часі, забезпечуючи стійку працездатність всієї системи.

Дослідження нового методу виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів в ПВС є важливим кроком у напрямку подальшого розвитку новітніх комп'ютерних технологій. Саме тому, з урахуванням зростання обсягу даних та їх складнощів, ефективні методи виявлення стрибків дозволяють оперативно реагувати на зміни у ПВС та забезпечувати якісний аналіз вимірювальних даних. Виявлення стрибків у багатовимірних випадкових процесах стає необхідною складовою для довіри до систем, що працюють в реальному часі та своєчасно реагують на існуючі зміни. У даній роботі обґрунтовані пропозиції щодо дослідження нових методів виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів в сучасних ПВС, які є необхідною складовою у подальшому швидкісному розвитку вимірювальних технологій і постійних змін, що нині безперервно відбуваються в глобальному інформаційному просторі.

Результати даного дослідження визначають нові стандарти для ПВС, які можуть бути використані для оптимізації їх функціонування у реальному часі. До того ж, отримані результати сприятимуть: 1) покращенню їхньої стабільності й продуктивності; 2) підвищенні найвищої точності вимірювань ПВС на основі багатовимірних випадкових процесів; 3) збільшення ефективності, стійкості та розвитку інтелектуальних систем в умовах постійно зростаючого обсягу інформації та виникаючих складнощів у зборі, проведенні аналізу, опрацюванні, збереженні та передачі даних щодо виявлення стрибків основних параметрів багатовимірних випадкових процесів в ПВС.

Очікується, що розроблений метод дозволить покращити ефективність та стійкість інтелектуальних систем в умовах зростаючого обсягу інформації. Таким чином, отримані результати відкриють нові можливості для розробки та вдосконалення ПВС, а новий метод може знайти застосування у різних галузях, включаючи наукові дослідження, промисловість, медицину та інші галузі, де важлива висока точність вимірювань та оперативна реакція на зміни.

1 АНАЛІЗ НАЯВНИХ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ШВИДКИХ ЗМІНЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Аналіз наявних методів виявлення швидких змінювань параметрів випадкових процесів – це широкий напрямок досліджень в сфері обробки сигналів та статистики. Такий аналіз може бути важливим для виявлення аномалій, варіацій та змін у часових рядів, таких як фінансові дані, технічні вимірювання або інші великі об’єми даних.

1.1. Аналіз результатів вимірювання стрибків параметрів випадкових процесів традиційними методами

Нехай комплексна частотна характеристика приладу описується функцією $K(j\omega)$, де $\omega = 2\pi f$ – кругова частота. Ця функція описує частотний коефіцієнт передачі приладу з визначеною смугою пропускання. Вимірювання можна здійснювати тільки після виявлення корисного сигналу. Корисним сигналом вважаємо стрибок амплітуди сигналу. Його вважаємо стрибком тільки після того, коли буде перевищений наперед вибраний рівень порогової амплітуди, від якого залежать ймовірності хибної тривоги та правильного виявлення стрибка. Фізично зі стрибком пов’язуємо дефекти системи, що аналізується. Причиною стрибка можуть бути завади імпульсного характеру. Заваду можна переплутати з «корисним» стрибком і тоді маємо хибну тривогу. Після того, як стрибок амплітуди виявлено, здійснюється вимірювання самої амплітуди, рівень якої залежить від характеру дефекту системи. Вихідний сигнал лінійної системи:

$$y(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega) X(\omega) e^{j\omega t} d\omega, \quad (1.1)$$

де $X(\omega)$ – спектральна щільність потужності вхідного сигналу $x(t)$; для вихідного сигналу спектральна щільність потужності визначається за формулою:

$$Y(\omega) = K(j\omega)X(\omega). \quad (1.2)$$

Методика моделювання:

1. Вибираємо приймальні системи з різною смугою пропускання, що закладена в функції (АЧХ) $K(j\omega)$; достатньо взяти систему з малою, середньою і великою смугою пропускання (порівняно зі спектром сигналу);
2. Вибираємо декілька типів опорних сигналів: детермінований, детермінований з шумом, квазібілий шум;
3. До різних типів сигналів додаємо моделі стрибків амплітуди різної інтенсивності, різної ширини (вузькі, середні, широкі); ці стрибки відбуваються у визначений момент часу;
4. Обчислюємо спектральну щільність потужності вхідних сигналів $X(\omega)$, як окремо, так і зі стрибком амплітуди;
5. Використовуємо формулу (1) для обчислення вихідного сигналу як без стрибка у вхідному сигналі, так і зі стрибком;
6. Вибираємо поріг, перевищення якого вихідним сигналом свідчить про виявлення стрибка амплітуди; визначення ймовірності виявлення стрибка потребує статистичного аналізу, як в наших статтях; (вважаю, що вона буде малою);
7. Тепер використовуємо віконне перетворення Фур'є з різною шириною вікна і повторюємо аналогічні операції;
8. Використовуємо вейвлет аналіз і оцінюємо ймовірність виявлення стрибка і можливість вимірювання амплітуди стрибка;
9. Пробуємо нестационарні сигнали зі стрибком, порівнюємо результати зі стаціонарними сигналами;

10. Використовуємо перетворення Гільберта-Хуанга і оцінюємо ймовірність виявлення стрибків по окремим модам.

Це справедливо для лінійних приймальних систем. Стрибки параметрів процесів великої амплітуди можуть виходити за межі динамічного діапазону і тоді потрібно використовувати моделі Гаммерштейна чи Вінера.

З результатів моделювання випливає, що в результаті фільтрової обробки сигналів показники виявлення і вимірювання стрибків амплітуди сигналів є низькими. Фізичною причиною цього факту є невідповідність фіксованої смуги пропускання приймального пристрою зі спектром не всього сигналу (в цьому випадку стрибок виявити практично неможливо), а тільки сигналу зі стрибком на вузькому часовому інтервалі. Отже, смуга пропускання приймача повинна бути адаптивною і прив'язаною до часового інтервалу, який на практиці визначається на основі апіорної інформації. Якщо гіпотетична смуга пропускання пристрою є нескінченною, то швидкість його спрацювання є також нескінченною і стрибок амплітуди пропускається на вихід приймача без спотворень і одночасно пропускається вимірюваний сигнал разом з усіма типами шумів. Оскільки енергетичні характеристики стрибка можуть бути кращими, ніж для сигналу та шуму, то цей стрибок виявляється з заданими ймовірностями в залежності від багатьох факторів.

Отже, треба синтезувати оптимальний пристрій (приймач) з адаптивною смугою пропускання, що забезпечує найвищу для конкретних умов ймовірність виявлення і точність вимірювання стрибка амплітуди. Скористаємось для цього класичними диференціальними рівняннями Фоккера-Планка.

1.2 Методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів

Методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів можна розділити на два основних типи:

– методи на основі статистичного критерію: ці методи використовують статистичні критерії для оцінки імовірності того, що даний відрізок сигналу є

стрибком. Наприклад, метод Парето-Вільда використовує критерій χ^2 для оцінки того, чи відрізняється розподіл даних у двох сусідніх відрізках сигналу.

– методи на основі локальної апроксимації: ці методи використовують локальну апроксимацію сигналу для виявлення стрибків. Наприклад, метод лінійної апроксимації використовує мінімальні квадрати для побудови лінії, яка найкраще апроксимує сигнал у кожному відрізку. Якщо похибка апроксимації перевищує певний поріг, то вважається, що в цьому відрізку відбувся стрибок.

Ось деякі конкретні методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів:

– метод Парето-Вальда. Цей метод використовує критерій χ^2 для оцінки того, чи відрізняється розподіл даних у двох сусідніх відрізках сигналу. Якщо різниця значень критерію χ^2 перевищує певний поріг, то вважається, що в цьому відрізку відбувся стрибок.

– метод лінійної апроксимації. Цей метод використовує мінімальні квадрати для побудови лінії, яка найкраще апроксимує сигнал у кожному відрізку. Якщо похибка апроксимації перевищує певний поріг, то вважається, що в цьому відрізку відбувся стрибок.

– метод фільтрів. Цей метод використовує фільтри для видалення шуму із сигналу. Після видалення шуму можна використовувати один із методів виявлення стрибків, описаних вище.

– метод аналізу вейвлетів. Цей метод використовує вейвлет-перетворення для розкладання сигналу на частотні компоненти. Спектральні особливості стрибків параметрів сигналу, такі як різкі зміни частоти або амплітуди, можуть бути виявлені за допомогою аналізу вейвлетів.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів залежить від конкретних характеристик сигналу, а також від вимог до точності та ефективності.

Методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів можна розділити на два основні типи:

– методи локального порівняння. Ці методи порівнюють значення сигналу в сусідніх точках в часі. Якщо значення сигналу в сусідніх точках різко відрізняються, це вважається ознакою стрибка параметра.

– методи глобального порівняння. Ці методи порівнюють значення сигналу в усіх точках в часі. Якщо значення сигналу в певній точці різко відрізняється від значення сигналу в інших точках, це вважається ознакою стрибка параметра.

До методів локального порівняння належать:

– метод порогового значення. Цей метод визначає порогове значення, і якщо абсолютне значення різниці між значеннями сигналу в сусідніх точках перевищує порогове значення, це вважається ознакою стрибка параметра.

– метод середньоквадратичного відхилення. Цей метод визначає середнє квадратичне відхилення значення сигналу від його середнього значення. Якщо абсолютне значення різниці між значенням сигналу в певній точці і його середньоквадратичним відхиленням перевищує певну величину, це вважається ознакою стрибка параметра.

До методів глобального порівняння належать:

– метод лінійної регресії. Цей метод використовує лінійну регресію для прогнозування значення сигналу в наступній точці в часі. Якщо прогнозоване значення сигналу в певній точці різко відрізняється від фактичного значення сигналу, це вважається ознакою стрибка параметра.

– метод вейвлет-аналізу. Цей метод розкладає сигнал на вейвлет-коефіцієнти. Якщо вейвлет-коефіцієнти в певній точці різко відрізняються від вейвлет-коефіцієнтів в інших точках, це вважається ознакою стрибка параметра.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів залежить від конкретних характеристик сигналу і вимог до точності виявлення стрибків.

Ось деякі приклади застосування методів виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів:

– виявлення дефектів у виробках. Стрибки параметрів сигналу можуть бути ознакою дефекту в виробі. Наприклад, стрибок амплітуди сигналу може бути ознакою тріщини в виробі.

– виявлення змін в навколишньому середовищі. Стрибки параметрів сигналу можуть бути ознакою зміни в навколишньому середовищі. Наприклад, стрибок частоти сигналу може бути ознакою зміни температури.

– виявлення змін в біологічних системах. Стрибки параметрів сигналу можуть бути ознакою зміни в біологічній системі. Наприклад, стрибок амплітуди сигналу може бути ознакою зміни в серцевому ритмі.

Методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів можна розділити на два основних типи:

– методи на основі аналізу локальних властивостей сигналу. Ці методи ґрунтуються на тому, що стрибки параметрів сигналу супроводжуються зміною його локальних властивостей, таких як середнє значення, дисперсія, кореляційна функція тощо.

– методи на основі аналізу глобальних властивостей сигналу. Ці методи ґрунтуються на тому, що стрибки параметрів сигналу супроводжуються зміною його глобальних властивостей, таких як спектральна щільність потужності, вейвлет-спектр тощо.

До методів першого типу належать:

– метод на основі порогової фільтрації. Цей метод полягає в тому, що сигнал фільтрується фільтром з порогом. Якщо значення сигналу після фільтрації перевищує певний поріг, то вважається, що відбувся стрибок.

– метод на основі аналізу локальної дисперсії. Цей метод полягає в тому, що для кожного відрізка сигналу обчислюється його локальна дисперсія. Якщо локальна дисперсія перевищує певний поріг, то вважається, що відбувся стрибок.

– метод на основі аналізу локальної кореляції. Цей метод полягає в тому, що для кожного відрізка сигналу обчислюється його локальна кореляційна функція. Якщо локальна кореляційна функція опускається нижче певного порога, то вважається, що відбувся стрибок.

До методів другого типу належать:

– метод на основі аналізу спектральної щільності потужності. Цей метод полягає в тому, що для сигналу обчислюється його спектральна щільність потужності. Якщо спектральна щільність потужності в певній області частот різко змінюється, то вважається, що відбувся стрибок.

– метод на основі аналізу вейвлет-спектра. Цей метод полягає в тому, що для сигналу обчислюється його вейвлет-спектр. Якщо вейвлет-спектр в певній області частот різко змінюється, то вважається, що відбувся стрибок.

Кожен метод має свої переваги і недоліки. Метод на основі порогової фільтрації є простим і ефективним, але він може бути чутливим до шуму. Метод на основі локальної дисперсії є більш точним, ніж метод на основі порогової фільтрації, але він може бути менш ефективним для сигналів з високою дисперсією. Метод на основі локальної кореляції є більш точним, ніж метод на основі локальної дисперсії, але він може бути менш ефективним для сигналів з низькою кореляцією. Метод на основі аналізу спектральної щільності потужності є ефективним для виявлення стрибків в спектрі сигналу, але він може бути менш ефективним для сигналів з вузьким спектром. Метод на основі аналізу вейвлет-спектра є більш ефективним, ніж метод на основі аналізу спектральної щільності потужності, але він може бути менш ефективним для сигналів з високим рівнем шуму.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналу залежить від конкретних властивостей сигналу, а також від вимог до точності і ефективності методу.

Ось деякі приклади застосування методів виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів:

– відстеження руху об'єктів. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в координатах об'єкта.

– декодування сигналів. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в значеннях символів сигналу.

– виявлення дефектів в технічній системі. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в параметрах технічного процесу.

В Україні методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів застосовуються в таких галузях, як: авіація (для виявлення стрибків в параметрах роботи двигунів і інших систем літака); атомна енергетика (для виявлення стрибків в параметрах роботи ядерних реакторів); навчальні системи (для виявлення стрибків в результатах навчання учнів і студентів).

1.3 Математичні методи оцінювання стрибків параметрів сигналів

Для оцінювання стрибків параметрів доцільно використовувати рівняння Фоккера-Планка, що ґрунтується на рівнянні Мар'яна Смолуховського:

$$\frac{\partial P(z, v, t)}{\partial t} = \left[-\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial v} \left(\gamma v - \frac{F(z)}{m} \right) + \frac{\gamma k_B T}{m} \frac{\partial^2}{\partial v^2} \right] P(z, v, t), \quad (1.3)$$

яке описує еволюцію функції розподілу $P(z, v, t)$ броунівських частинок масою m за положенням вздовж одновірної координати z і швидкістю v під дією зовнішньої сили $F(z)$ у в'язкому середовищі з параметром в'язкості γ при температурі T , де k_B є постійною Больцмана.

Ідея системи диференціальних рівнянь полягає в наступному. Вони описують поведінку апостеріорної щільності ймовірності стрибка амплітуди з урахуванням відомої апріорної інформації про нього. Далі ми припускаємо, що ця щільність ймовірності є Гаусовою і містить явно сам параметр (стрибок) і дисперсію стрибка. Звідси після громіздких перетворень отримуємо диференціальні рівняння стрибка та дисперсії стрибка. Імовірність стрибка легко знайти з відповідного диференціального рівняння, пов'язаного з щільністю ймовірності.

Рівняння Смолуховського є окремим випадком рівняння Фоккера-Планка для випадкової змінної x з перехідною щільністю ймовірностей $P(x, t)$, яка записується наступним чином [1]:

$$\frac{\partial P(x, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}[a(x, t)P(x, t)] + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2}[b(x, t)P(x, t)], \quad (1.4)$$

$$a(x, t) = K_1(x, t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t} \left\langle \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{x(t)} \right\rangle \quad (1.5)$$

де – коефіцієнт дрейфу (зносу):

$$b(x, t) = K_2(x, t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t} \left\langle \frac{[x(t + \Delta t) - x(t)]^2}{x(t)} \right\rangle \quad \text{– коефіцієнт дифузії} \quad (1.6)$$

Перехід від рівняння Смолуховського до рівняння Фоккера-Планка є складним і в інтернеті існують записані лекції. Воно є лінійним диференціальним рівнянням параболічного типу, існування і єдиність рішення якого забезпечується практично обґрунтованими початковими і граничними умовами. Рівняння Фоккера-Планка є більш загальним порівняно з рівнянням Смолуховського. Воно описує еволюцію в часі функції розподілу щільності ймовірностей $P(x, t)$ аналогічно тому як рівняння Шредінгера описує часову еволюцію квантової хвильової функції. Рівняння Фоккера-Планка може бути перетворено в рівняння Шредінгера шляхом змінювання масштабу декількох змінних. Рішення рівняння Фоккера-Планка може здійснюватися з використанням інтегралів по траєкторіям. Для спрощення розв'язання рівняння Фоккера-Планка необхідно, щоб випадковий процес $x(t)$ був марковським. Для цього необхідно і достатньо, щоб виконувались умови [1]:

$$K_n(x, t) \neq 0, \quad n = 1, 2; \quad K_n(x, t) \equiv 0, \quad n \geq 3. \quad (1.7)$$

Процес $x(t)$ може описувати не тільки рух броуновської частинки, але і поведінку вибраного параметру процесу, зокрема, амплітуди. Поява стрибка

амплітуди вписується в концепцію марковості, оскільки ймовірність його появи практично не залежить від тих станів, в яких знаходилась система до стрибка.

Стратонович Р. Л. показав, що рівняння Фоккера-Планка можна отримати при лінеаризації нелінійних рівнянь фільтрації. Ним створена теорія нелінійної оптимальної фільтрації. Інтегрально-диференціальне рівняння Стратоновича для векторного випадкового процесу $\vec{x}(t)$ має вигляд:

$$\frac{\partial P(\vec{x}, t)}{\partial t} = L\{P(\vec{x}, t)\} + [F(\vec{x}, t) - \int F(\vec{x}, t)P(\vec{x}, t)d\vec{x}]P(\vec{x}, t), \quad (1.8)$$

$$F(\vec{x}, t) = -\frac{1}{2}[\vec{\xi}(t) - \vec{s}(\vec{x}, t)]^T \mathbf{N}^{-1}[\vec{\xi}(t) - \vec{s}(\vec{x}, t)] \quad (1.9)$$

де при початкових умовах:

$$P(\vec{x}, 0) = P_{pr}(\vec{x}, 0) = P_{p_0}(\vec{x}). \quad (1.10)$$

Тут $P_{p_0}(\vec{x})$ є апіорною щільністю ймовірностей параметрів повідомлення \vec{x} , а \mathbf{N}^{-1} – матриця, що є оберненою матрицею спектральних щільностей шумів спостереження в моделі.

Рівняння Стратоновича [8] записано для багатомірного випадкового процесу $\vec{x}(t)$, який є марковським. Воно описує часову еволюцію апостеріорної щільності ймовірностей $P(x, t)$. Максимальне значення цієї щільності досягається для умовного математичного очікування $\hat{\vec{x}}(t)$, яке також є оптимальною оцінкою повідомлення $\vec{x}(t)$ за критерієм мінімальної середньої похибки на інтервалі $(0, t)$. Зазначимо, що $x(t)$ є корисним повідомленням, тобто таким, на основі якого оцінюється стан системи, а його векторний варіант $\vec{x}(t)$ використовується тоді, коли

проводиться одночасне оцінювання декількох параметрів корисних повідомлень, в результаті чого отримуються оцінки $\hat{\vec{x}}(t)$. Параметри $\vec{x}(t)$ приховані у випадковому процесі $\vec{\xi}(t)$, який виявляється і оцінюється. Перший член правої частини рівняння (8) описується оператором L , який представляє апріорну щільність ймовірностей повідомлення. Корисне повідомлення $\vec{x}(t)$ вилучається з векторного випадкового процесу $\vec{\xi}(t)$, що включає корисний векторний сигнал $\vec{s}(\vec{x}, t)$ і вектор білих гауссівських шумів $\vec{n}(t)$ з нульовим математичним очікуванням і матрицею спектральних щільностей $\mathbf{N}(t)$, тобто:

$$\vec{\xi}(t) = \vec{s}(\vec{x}, t) + \vec{n}(t). \quad (1.11)$$

Шум не обов'язково повинен бути білим і, як правило, вистачає марковості. Як видно з (1.11), корисне повідомлення $\vec{x}(t)$ лінійно або нелінійно зв'язане з сигналом $\vec{s}(\vec{x}, t)$. В залежності від цього фільтрація повідомлення $\vec{x}(t)$ з суміші сигналу $\vec{s}(\vec{x}, t)$ з шумом $\vec{n}(t)$ називається лінійною або нелінійною.

Припустимо, що шуми $\vec{n}(t)$ відсутні (чисто теоретичний випадок) і тоді $\vec{\xi}(t) = \vec{s}(\vec{x}, t)$. Функціонал в формулі (8) $F(\vec{x}, t) = 0$. Отже, частинна похідна в цьому

рівнянні $\frac{\partial P(\vec{x}, t)}{\partial t} = 0$ при відсутності апріорної інформації, яка для цього випадку є шкідливою і не потрібною. Дійсно, навіщо її використовувати, якщо все відомо про сигнал. Навпаки, при відсутності сигналу $\vec{s}(\vec{x}, t)$ рівняння (8) використовує тільки апріорну інформацію.

Шуканий параметр \vec{x} є випадковим, а випадковий процес $\vec{x}(t)$ можна описати стохастичним диференціальним рівнянням [2]:

$$\frac{d\vec{x}(t)}{dt} = g(t, \vec{x}(t)) + \vec{n}_0(t), \quad (1.12)$$

де $\vec{g}(t, \vec{x}(t))$ – вектор-функція, що визначає характер змінювання повідомлення, $\vec{n}_0(t)$ – вектор-стовпець білих гауссівських шумів повідомлення зі спектральною щільністю $\mathbf{N}_0(t, \vec{x}(t))$. Шуми повідомлення призначені для формування випадкового процесу $\vec{x}(t)$ і їх не можна плутати з спектральною щільністю $\mathbf{N}(t)$ внутрішніх і зовнішніх шумів, що діють на приймальний пристрій.

В [2] приведена наступна інтерпретація рівняння Стратоновича:

$$\frac{\partial P(\vec{x}, t)}{\partial t} = L\{P(\vec{x}, t)\} + [F(\vec{x}, t) - F(t)]P(\vec{x}, t), \quad (1.13)$$

де

$$F(t) = \int F(\vec{x}, t)P(\vec{x}, t)d\vec{x}, \quad (1.14)$$

$L\{\cdot\}$ – оператор Фоккера-Планка, який для рівняння (1.12) набуває форми

$$L\{P(\vec{x}, t)\} = -\sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \{a_i(\vec{x}, t)p(\vec{x}, t)\} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2 \{N_{0ij}(\vec{x}, t)p(\vec{x}, t)\}}{\partial x_i \partial x_j}. \quad (1.15)$$

Оцінка $\hat{\vec{x}}(t)$ процесу $\vec{x}(t)$ визначається за критерієм мінімуму середнього квадрату похибки

$$\hat{\vec{x}}(t) = \int_{\vec{x}} \vec{x}(t)P(\vec{x}, t)d\vec{x}. \quad (1.16)$$

1.4 Синтез системи оптимального вимірювання стрибків параметрів випадкових процесів

Розглянемо приклад застосування рівняння Стратоновича при визначенні параметрів стрибка амплітуди сигналу, що відбитий від наземного орієнтиру при навігації автономних мобільних автономних роботів. Для цього використаємо рівняння Стратоновича [3] і метод усереднення в часі. Рішення цього рівняння дозволить оцінити можливості методу і врахувати особливості об'єкту.

Отже, сигнал з несучою частотою ω відбивається від об'єкту і поступає на вхід приймача, який має один канал по простору і частоті. Запишемо реалізацію сигналу у вигляді суми очікуваного сигналу $S[\vec{x}(t), t]$ і шуму $n(t)$

$$y(t) = S[\vec{x}(t), t] + n(t), \quad (1.17)$$

де модель цього сигналу:

$$S[\vec{x}(t), t] = \begin{cases} A_0(t) \cos(\omega t + \varphi_0(t)), & \text{при } t \leq \tau_{jump}, \\ A_1(t) \cos(\omega t + \varphi_1(t)), & \text{при } t > \tau_{jump}, \end{cases} \quad (1.18)$$

τ_{jump} – значення часу, при якому амплітуда сигналу швидко змінюється від значення $A_0(\tau_{jump})$ до $A_1(\tau_{jump})$;

$\varphi_0(t)$, $\varphi_1(t)$ – фази сигналу перед стрибком амплітуди і після нього відповідно;

$n(t)$ – білий гауссівський шум, який має нульове середнє значення і спектральну інтенсивність the noise that we will assume as white Gaussian noise with zero mean value and spectral intensity N ;

$\vec{x}(t)$ – вектор стану системи, компоненти якого $\{\vec{x}, \tau\}$ є марковськими і незалежними від $n(t)$. До таких компонент можна віднести, наприклад, стрибки амплітуди та доплерівського зсуву частоти відбитого сигналу. Наприклад, стрибок амплітуди сигналу можна виразити формулою

$$\Delta A(\tau_{jump}) = A_1(\tau_{jump}) - A_0(\tau_{jump}). \quad (1.19)$$

У виразі (18) необхідно визначити амплітуду стрибка $\Delta A(\tau_{jump})$ у визначений час τ_{jump} , а фази $\varphi_0(t), \varphi_1(t)$ є супутніми параметрами, що не вимірюються, і для даної задачі вони не потрібні.

Припустимо, що момент виникнення стрибка амплітуди τ_{jump} не залежить від шуму $n(t)$. Цим самим підкреслюємо, що причиною виникнення стрибка є властивості системи або об'єкта, параметри якого вимірюються, а не шум, який також може привести до стрибка. Точний момент τ_{jump} є наперед невідомим і його вважаємо розподіленим за нормальним законом з середнім значенням $\bar{\tau}_{jump}$ і дисперсією $\sigma_{\tau_{jump}}^2$. Така постановка задачі приводить до розгляду скалярного процесу $x(t)$, але для збереження загальності будемо використовувати векторний запис $\vec{x}(t)$.

Детально методика синтезу диференціальних рівнянь оптимального вимірювання стрибків параметрів випадкових процесів описана в [2].

Як наслідок, отримуємо систему стохастичних диференціальних рівнянь, які придатні для моделювання в Matlab:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = P_{\tau_{jump}}(t) \cdot e^{-z} + \frac{1}{N} \cdot P_1 \cdot (1 - P_1) \left\{ A \cdot \Delta A_1 [1 - \cos(\varphi_0 - \varphi_1)] + \frac{1}{2} (\Delta A_1^2 - \sigma_{\Delta A_1}^2) + 2 \cdot \eta(t) \cdot \Delta A_1 \cdot \sin(\alpha t + \varphi_1) \right\}, \quad (1.20)$$

$$\frac{dz}{dt} = \frac{P_1}{N} \left\{ A \cdot \Delta A_1 [1 - \cos(\varphi_0 - \varphi_1)] + \frac{1}{2} (\Delta A_1^2 - \sigma_{\Delta A_1}^2) + 2 \cdot \eta(t) \cdot (\Delta A_1) \cdot \sin(\alpha t + \varphi_1) \right\}, \quad (1.21)$$

$$\frac{d\Delta A_1}{dt} = \frac{1}{P_1} \cdot P_{\tau_{jump}}(t) \cdot e^{-z} \cdot (\Delta A_0 - \Delta A_1) + V_1(t) \cdot \frac{1}{N} \cdot [2 \cdot \eta(t) \cdot \sin(\alpha t + \varphi_1) - A \cdot \cos(\varphi_0 - \varphi_1) - \Delta A_1], \quad (1.22)$$

$$\frac{dV_1}{dt} = \frac{1}{P_1} \cdot P_{\tau_{jump}}(t) \cdot e^{-z} \cdot [(\Delta A_0 - \Delta A_1)^2 + V_0 - V_1] - \frac{1}{N} \cdot V_1^2, \quad (1.23)$$

де P_1 – апостеріорна ймовірність виявлення стрибка амплітуди сигналу,

z – відносна швидкість спрацювання системи,

$\Delta A_0, \Delta A_1$ – апріорна і апостеріорна оцінка амплітуди стрибка,

$V_1(t)$ – дисперсія апостеріорного розподілу амплітуди стрибка,

$V_0(t)$ – дисперсія апріорного розподілу амплітуди стрибка,

t – час,

τ_{jump} – момент стрибка амплітуди сигналу від значення $A_0(\tau_{jump})$ до $A_1(\tau_{jump})$,

$\varphi_0(t), \varphi_1(t)$ – фази сигналу перед і після стрибка відповідно,

$n(t)$ – білий гауссівський шум з нульовим середнім і спектральною інтенсивністю N .

Ця система дозволяє визначити амплітуду стрибка параметру одного випадкового процесу. Часто на практиці використовуються багатовимірні випадкові процеси, для яких описаний метод є неприйнятним. Звідси випливає необхідність розробки інших методів визначення характеристик таких процесів.

1.5 Висновки до першого розділу

В результаті фільтрової обробки сигналів показники виявлення і вимірювання стрибків амплітуди сигналів є низькими. Фізичною причиною цього факту є невідповідність фіксованої смуги пропускання приймального пристрою зі спектром не всього сигналу (в цьому випадку стрибок виявити практично неможливо), а тільки сигналу зі стрибком на вузькому часовому інтервалі. Отже, смуга пропускання приймача повинна бути адаптивною і прив'язаною до часового

інтервалу, який на практиці визначається на основі апріорної інформації. Якщо гіпотетична смуга пропускання пристрою є нескінченною, то швидкість його спрацювання є також нескінченною і стрибок амплітуди пропускається на вихід приймача без спотворень і одночасно пропускається вимірюваний сигнал разом з усіма типами шумів. Оскільки енергетичні характеристики стрибка можуть бути кращими, ніж для сигналу та шуму, то цей стрибок виявляється з заданими ймовірностями в залежності від багатьох факторів.

Отже, треба синтезувати оптимальний пристрій (приймач) з адаптивною смугою пропускання, що забезпечує найвищу для конкретних умов ймовірність виявлення і точність вимірювання стрибка амплітуди.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналу залежить від конкретних властивостей сигналу, а також від вимог до точності і ефективності методу.

В Україні методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів застосовуються в таких галузях, як: авіація (для виявлення стрибків в параметрах роботи двигунів і інших систем літака); атомна енергетика (для виявлення стрибків в параметрах роботи ядерних реакторів); навчальні системи (для виявлення стрибків в результатах навчання учнів і студентів).

Система стохастичних диференціальних рівнянь дозволяє визначити амплітуду стрибка параметру одного випадкового процесу. Часто на практиці використовуються багатовимірні випадкові процеси, для яких описаний метод є неприйнятним.

2 СУТНІСТЬ МЕТОДУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БАГАТОВИМІРНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Метод візуалізації багатовимірних випадкових процесів є важливою складовою для розуміння та аналізу складних даних. Його сутність полягає у перетворенні великого обсягу даних у графічну форму, що дозволяє визначити взаємозв'язки, структуру та особливості випадкових процесів. Ось ключові аспекти сутності методу візуалізації багатовимірних випадкових процесів:

Однією з основних сутностей методу є можливість перетворити абстрактні та числові дані у візуальні зображення, такі як графіки, діаграми, теплові карти тощо. Це дозволяє легше сприймати та аналізувати інформацію [9].

Враховуючи те, що багатовимірні дані можуть бути важко сприймати в реальному часі, метод візуалізації дозволяє знизити розмірність даних, обираючи найважливіші або найрепрезентативніші аспекти для відображення.

Візуалізація допомагає виявити паттерни, тенденції та аномалії в багатовимірних випадкових процесах, що може бути важливим для аналізу та прийняття рішень. Використання візуальних елементів робить інформацію більш доступною для розуміння, навіть для тих, хто не є експертами в області аналізу даних. Сучасні методи візуалізації дозволяють користувачам взаємодіяти з візуалізаціями, надаючи можливість фільтрування, масштабування та докладного дослідження даних на вимогу.

Візуалізація дозволяє виявити структуру та взаємозв'язки між різними змінними чи параметрами, що може бути важливим для розуміння динаміки процесів. Інтерактивна візуалізація може використовуватися для підтримки прийняття рішень, оскільки вона дозволяє користувачам в реальному часі спостерігати за змінами та впливати на результати.

Узагальнюючи, метод візуалізації багатовимірних випадкових процесів є потужним інструментом для аналізу та сприймання складних даних, сприяючи виявленню залежностей, аномалій та тенденцій у великих обсягах інформації.

2.1 Наявні методи візуалізації випадкових процесів

Існує кілька методів візуалізації випадкових процесів, які допомагають аналізувати та розуміти їхню динаміку та структуру. Ось кілька наявних методів: наприклад, метод «Часові ряди» – це один з основних методів візуалізації, де час розташовується на осі X, а значення випадкового процесу на осі Y. Графіки часових рядів дозволяють відслідковувати зміни випадкових величин в залежності від часу.

Часовий ряд, відомий також як «time series» англійською, представляє собою послідовність даних, індексованих (перелічених або відображених на графіку) у хронологічному порядку. Зазвичай цей ряд складається з точок, взятих на рівновіддалених відстанях в часі і розташованих одна за одною. Таким чином, це представляє собою послідовність дискретних часових даних. Прикладами часових рядів можуть бути висоти океанських припливів, кількість сонячних плям. [12]

Для візуалізації часових рядів часто використовуються лінійні діаграми. Ці ряди знаходять застосування в різних галузях, таких як статистика, обробка сигналів, розпізнавання образів, економетрика, фінансова математика, прогнозування погоди, розумний транспорт та передбачення траєкторій. Часові ряди також використовуються для передбачення землетрусів, аналізу електроенцефалографії (метод дослідження функціонального стану головного мозку), автоматичного керування, астрономії, технологій зв'язку і в різних областях прикладної науки та інженерії, які включають часові вимірювання.

Візуальна компонента інформації (візуалізація), спираючись на певні асоціації, стереотипи мислення, передає суть значимого, важливого для людини в часі і просторі події, факту, явища, процесу. Візуалізація – найважливіший етап в процесі аналізу даних. Він допомагає представити результати досліджень в простій і зрозумілій формі, найчастіше служить ключовим фактором для прийняття рішень в різних сферах діяльності [1].

Найпростіший спосіб аналізу регулярних часових рядів вручну – використання лінійної діаграми.

Гістограми використовуються для візуалізації розподілу випадкових величин. Вони демонструють, як часто значення випадкового процесу потрапляють в певні інтервали.

Спектрограми використовуються для випадкових процесів, які змінюються в часі, спектрограми дозволяють візуалізувати частотний спектр змінюваних параметрів.

Scatter Plot Matrix (Матриця діаграм розсіювання): цей метод візуалізації дозволяє вивести матрицю діаграм розсіювання для всіх можливих пар змінних, що сприяє виявленню кореляцій та взаємозв'язків.

Тривимірні графіки використовуються для випадкових процесів з більше ніж двома змінними, тривимірні графіки дозволяють візуалізувати дані в тривимірному просторі.

Контурні графіки використовуються для візуалізації 3D поверхонь та їхніх змін у часі.

Хмари точок (Scatter Plots) використовуються для виведення точок на графіку, де кожна точка представляє конкретний екземпляр випадкового процесу.

Теплові карти використовуються для відображення інтенсивності випадкових явищ на двовимірній площині.

Візуалізація з використанням анімації: в анімації можна використовувати для візуалізації змін в часі, дозволяючи спостерігати за еволюцією випадкового процесу.

Вибір конкретного методу візуалізації залежить від характеру та властивостей даних, а також від поставлених завдань аналізу випадкових процесів. Комбінування різних методів може надати більш повний образ структури та динаміки випадкових явищ.

2.2 Метод візуалізації багатовимірних випадкових процесів

Для візуалізації багатовимірних випадкових процесів часто використовується метод головних компонент (Principal Component Analysis, PCA). Цей метод дозволяє зменшити розмірність даних, зберігаючи при цьому основні властивості вихідного набору даних. Принцип роботи PCA полягає у тому, щоб знайти нові координати (головні компоненти), в яких дисперсія даних максимальна [11].

Основні кроки методу головних компонент:

Нормалізація даних:

Дані нормалізуються, тобто центруються (віднімається середнє значення) і масштабуються (діляться на стандартне відхилення).

Розрахунок коваріаційної матриці:

Визначається коваріаційна матриця, яка вказує на ступінь кореляції між різними змінними в наборі даних.

Розрахунок власних векторів і власних значень:

Власні вектори коваріаційної матриці представляють напрямки максимальної дисперсії даних, а власні значення вказують на ступінь дисперсії вздовж цих напрямків.

Вибір головних компонент:

Головні компоненти обираються в порядку спадання власних значень, що вказує на їхню відносну важливість.

Проекція на новий простір:

Дані проєктуються на простір, визначений головними компонентами, що дозволяє отримати новий набір змінних, які є лінійними комбінаціями оригінальних змінних.

Використання методу головних компонент для візуалізації багатовимірних випадкових процесів дозволяє зберегти значущі властивості даних та спростити їхнє сприйняття. Результати можна відобразити у двовимірному або тривимірному просторі, що полегшує подальший аналіз та розуміння взаємозв'язків між змінними.

2.3. Висновки до другого розділу

Візуалізація багатовимірних випадкових процесів грає ключову роль у розумінні та аналізі складних даних. Використання графічних методів дозволяє виявляти патерни, кореляції та аномалії в динаміці даних. Методи візуалізації включають розподіли даних, матриці розсіювання, 3D графіки, анімації, зменшення розмірності та кластерний аналіз. Ці підходи допомагають не лише отримати інтуїтивне уявлення про дані, але й виявляти ключові взаємозв'язки в багатовимірному просторі.

КАФЕДРА МБЖД ХНАДУ

3. РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОГО ВИЯВЛЕННЯ СТРИБКІВ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОВИМІРНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Під час контролю параметрів технічних об'єктів доводиться вимірювати велику кількість різномірних фізичних величин, які є основою прийняття рішень щодо стану об'єкта чи окремих його частин. Як показує практика, найчастіше, такі вимірювання характеризуються випадковими процесами та називаються багатовимірними. Випадкові процеси бувають стаціонарними та нестаціонарними. Стаціонарним процесом в статистиці та теорії випадкових процесів називається процес, у якому статистичні властивості не залежать від часу. Стаціонарний процес має постійні статистичні характеристики, такі як математичне очікування, дисперсія та автоковаріація, які не змінюються впродовж часу. Нестационарним процесом називається процес, в якому статистичні характеристики змінюються з часом. Відмінно від стаціонарного процесу, у нестаціонарному процесі математичне очікування, дисперсія та інші статистичні властивості можуть залежати від часу або змінюватись з часом.[14]

3.1. Гаусівська функція ймовірності

Для того, щоб зрозуміти сутність цих процесів, побудуємо найпростіший графік з гаусівською функцією ймовірності. Для цього використаємо формулу:

$$P_j(t) = \frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-t_j)^2}{2\sigma_j^2}}, \quad (3.1)$$

де $P_j(t)$ – гаусівська функція ймовірності для значення t ; t_j – середнє значення гаусівського (нормального) розподілу; σ_j – стандартне відхилення гаусівського розподілу.

Результати моделювання показані на рисунку 3.1:

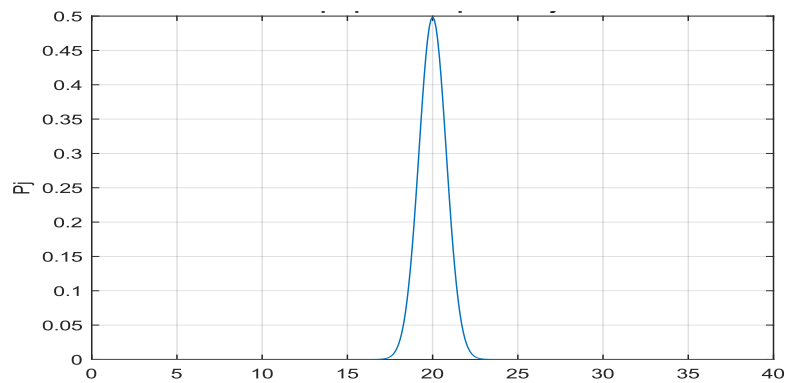


Рисунок 3.1 – Графік гаусівської функції ймовірності з заданими параметрами

Тепер спробуємо змінити параметр 'sj' (3.1) для стандартного відхилення (дисперсії) і побудуємо графік, який показаний на рисунку 3.2.

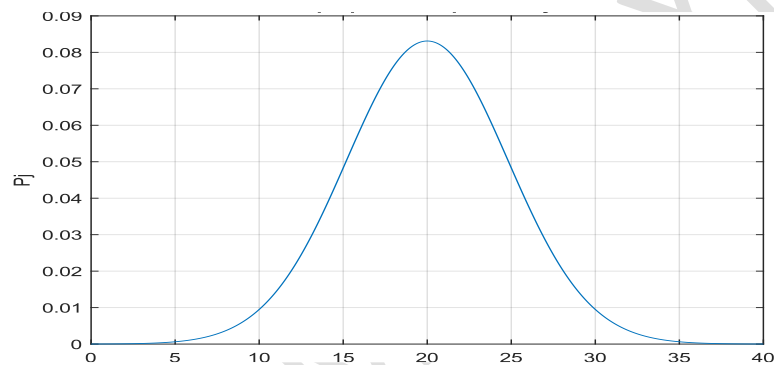


Рисунок 3.2 – Графік гаусівської функції ймовірності зі змінним параметром стандартного відхилення

Тепер спробуємо змінити параметр 'tj' (3.2) для математичного очікування. Результат моделювання показаний на рисунку 3.3.

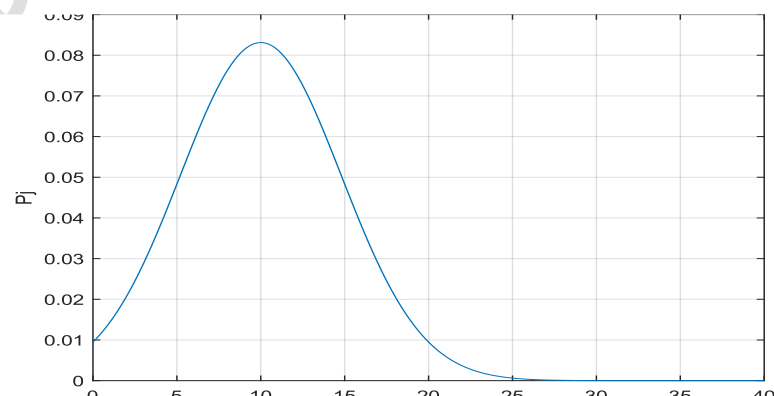


Рисунок 3.3 – Графік гаусівської функції ймовірності зі змінним параметром математичного очікування

Виходячи з отриманих результатів, можна побачити, як впливає зміна параметру дисперсії та математичного очікування на вигляд гаусівської кривої. У нашому випадку зі збільшенням дисперсії розширилася зона відхилення на графіку і зменшилось значення вірогідності P_j . При зміні параметру математичного очікування крива змістилась вліво.

3.2 Результати моделювання нестационарних процесів зі стрибками параметрів

Спробуємо змоделювати Графік ймовірності нестационарного процесу. Щоб зі стаціонарного процесу зробити нестационарний, нам потрібно змінити параметри 'tj' та 'sj', зробивши їх залежними від часу.

Результат моделювання показаний на рисунку 3.4.

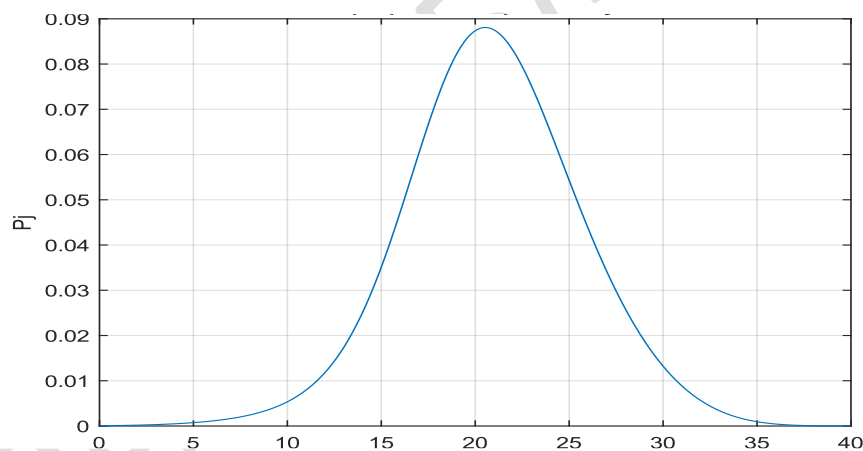


Рисунок 3.4 – Графік ймовірності нестационарного процесу

У цьому випадку параметри 'tj' та 'sj' залежать від часу t за допомогою функцій \sin та \cos . Це призведе до змінності центру та стандартного відхилення залежно від часу, що характерно для нестационарного процесу.

Стаціонарні та нестационарні процеси можуть містити білий шум. Щоб побачити як білий шум впливає на вигляд графіку для стаціонарного процесу:

Результат моделювання стаціонарного процесу з додаванням білого шуму показаний на рисунку 3.5.

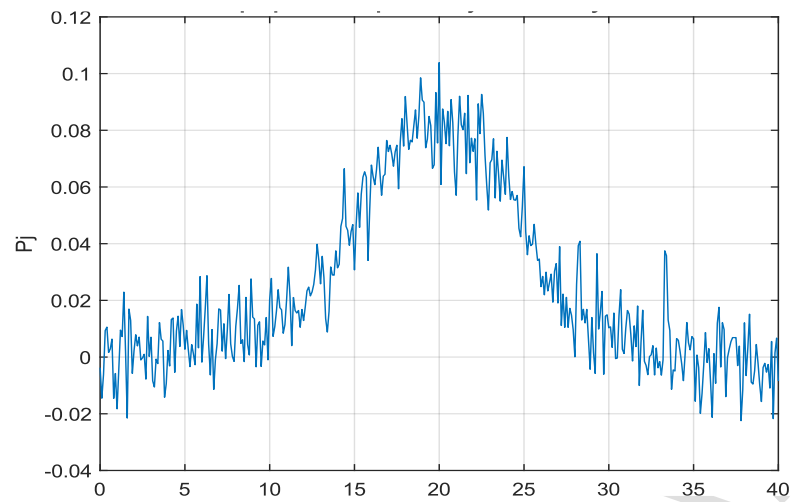


Рисунок 3.5 – Результат моделювання стаціонарного процесу з додаванням білого шуму

Тепер таку саму операцію зробимо з нестационарним процесом:

Результат моделювання нестационарного процесу з додаванням білого шуму показаний на рисунку 3.6.

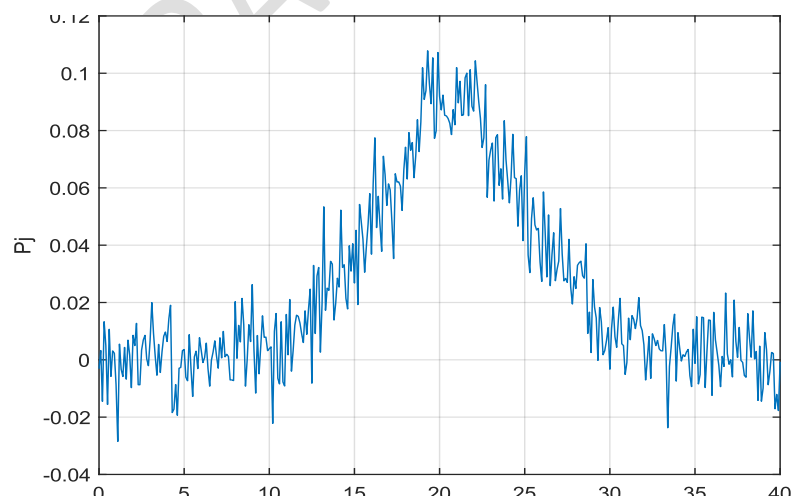


Рисунок 3.6 – Результат моделювання нестационарного процесу з додаванням білого шуму

Ми моделювали випадкові процеси для однієї вибірки. Тепер спробуємо це зробити для декількох.

Результат моделювання стаціонарного процесу для декількох вибірок показаний на рисунку 3.7:

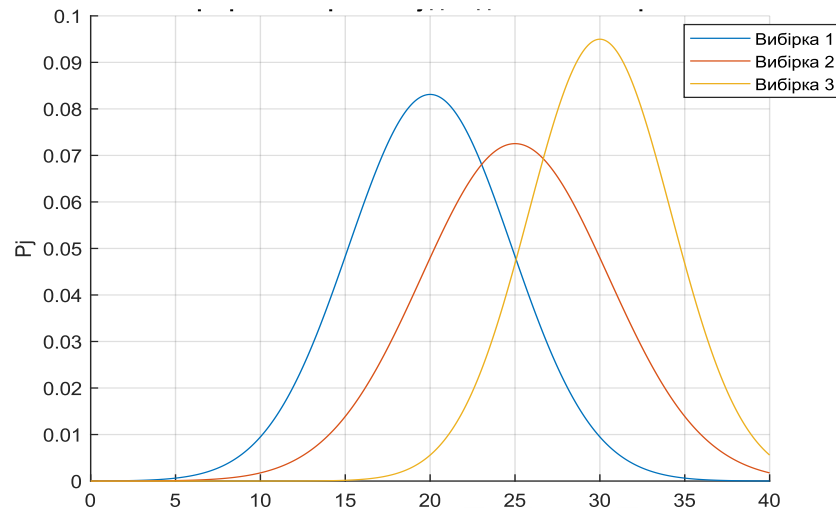


Рисунок 3.7 – Результат моделювання стаціонарного процесу для кількох вибірок

Так само змінимо код для побудови нестаціонарного процесу для кількох вибірок:

Результат моделювання нестаціонарного процесу для декількох вибірок показаний на рисунку 3.8:

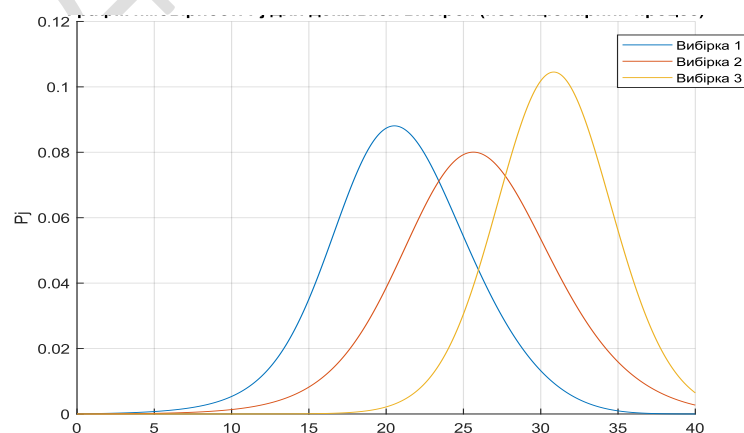


Рисунок 3.8 – Результат моделювання нестаціонарного процесу для кількох вибірок

Виходячи з цих результатів моделювання можна побачити як змінюється графік стаціонарного і нестаціонарного процесів. Для нестаціонарного процесу графіки ймовірності 'Pj' будуть варіюватись залежно від часу та для кожної вибірки.

Ми промоделивали стаціонарні та нестаціонарні процеси для відомих вибірок. Тепер спробуємо зробити модель, коли вибірки мають випадковий характер.

Результат моделювання для стаціонарного випадкового процесу показано на рисунку 3.9. Із кожним запуском цієї програми, ми будемо отримувати зовсім різні графіки.

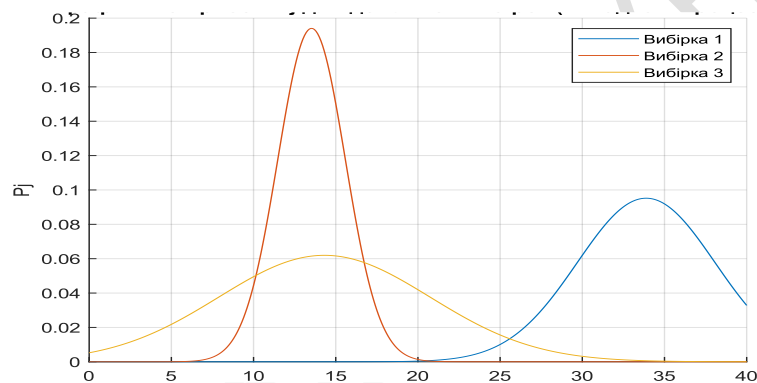


Рисунок 3.9 – Результат моделювання стаціонарного випадкового процесу для кількох вибірок

Результат моделювання для нестаціонарного випадкового процесу показано на рисунку 3.10:

Ми промоделивали стаціонарні та нестаціонарні випадкові процеси для 3 вибірок. На практиці таких вибірок може бути незліченна кількість. На цьому етапі ми можемо зробити висновки, що зі збільшенням кількості таких вибірок ускладнюється візуалізація таких процесів, що у подальшому робить майже неможливим сприйняття інформації людиною.

Існуючі методи візуалізації багатовимірних випадкових процесів не завжди здатні обробляти велику кількість даних та відображати портрети цих процесів з необхідною точністю для прийняття рішень. Тому є потреба у використанні такого метода візуалізації, щоб він був універсальним для будь якої кількості вибірок і

дозволяв обробляти інформацію з необхідною точністю. Спробуємо промодельовати більшу кількість процесів та отримати з них цінну інформацію.

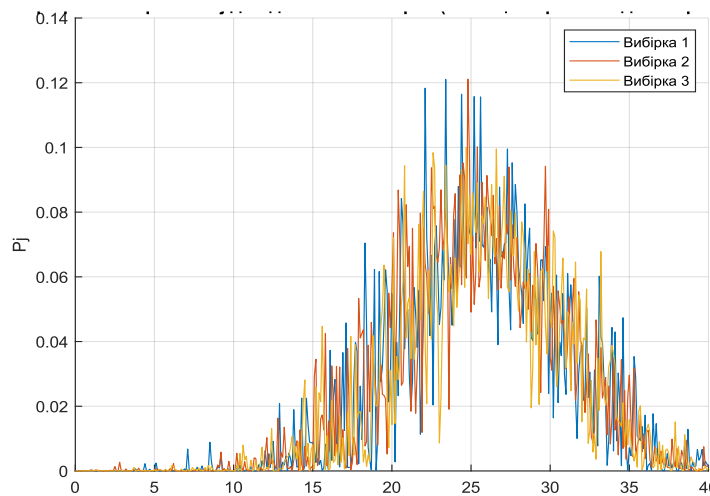


Рисунок 3.10 – Результат моделювання нестационарного випадкового процесу для кількох вибірок

Згенеруємо та візуалізуємо набір синусоїд на основі випадково обраних амплітуд, частот та фаз. А потім побудуємо графік де відобразимо сумарний сигнал. Для генерації синусоїдальних сигналів скористаємось формулою (2).

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi), \quad (3.2)$$

де $x(t)$ – значення сигналу в момент часу t , A - амплітуда сигналу, ω – частота сигналу, t – час, φ – початкова фаза.

У цьому коді ми генеруємо 20 синусоїд з використанням випадкових параметрів. Результат моделювання 20 синусоїд показаний на рисунку 3.11:

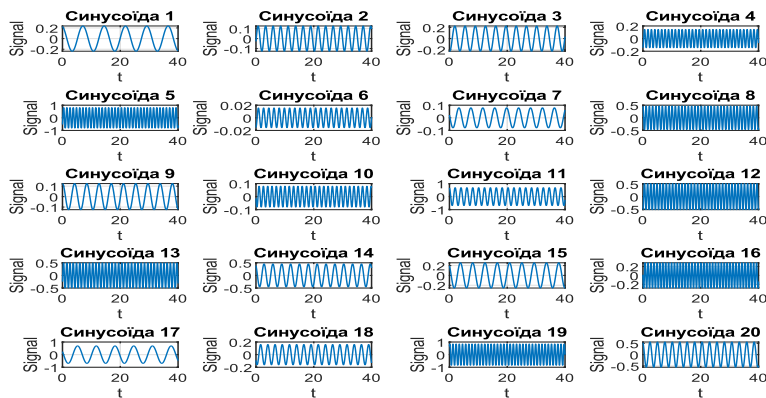


Рисунок 3.11 – Генерація 20 синусоїд з випадковими параметрами

Сумарний сигнал, складений з 20 синусоїд показаний на рисунку 3.12:

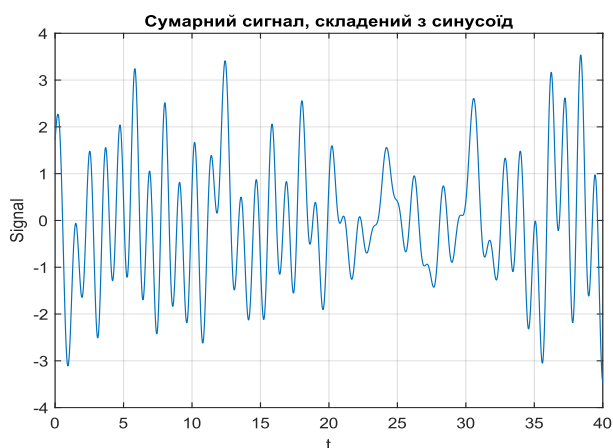


Рисунок 3.12 – Сумарний сигнал

Напишемо код, який згенерує 10 вибірок синусоїд, що складаються з 20 компонент. Кожна синусоїда має випадкові параметри амплітуди, частоти та фази. Для кожної вибірки побудовано графіки окремих синусоїд на відповідних підграфіках.

На рисунку 3.13 показано результат моделювання для 10 вибірок синусоїд.

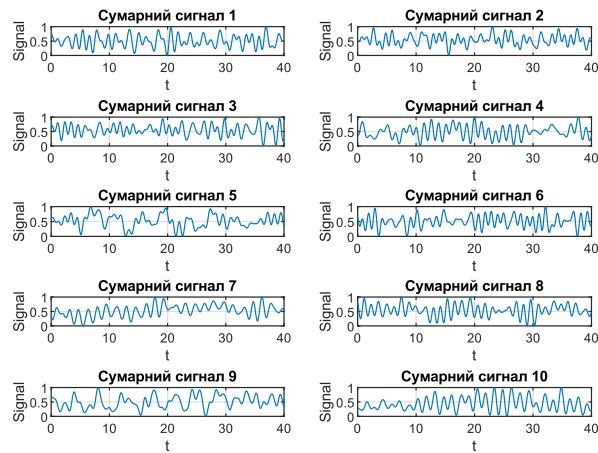


Рисунок 3.13 – Результат моделювання для 10 вибірок синусоїд

Ми отримали графіки моделювання складених синусоїд для 10 вибірок для одного процесу. Спробуємо зробити моделювання наприклад для 5 процесів.

Результати моделювання показані на рисунках 3.14 – 3.15:

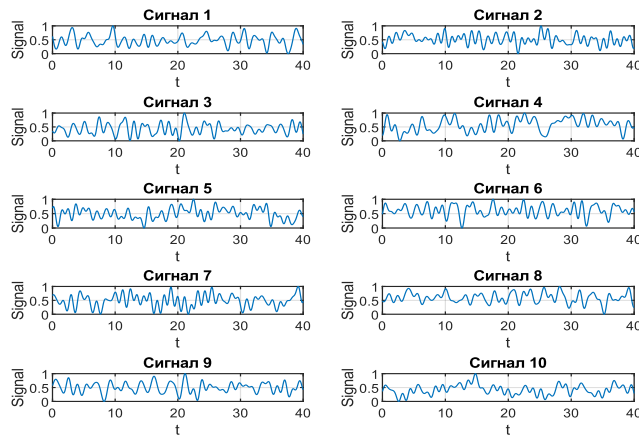


Рисунок 3.14 – Результат моделювання для першого процесу

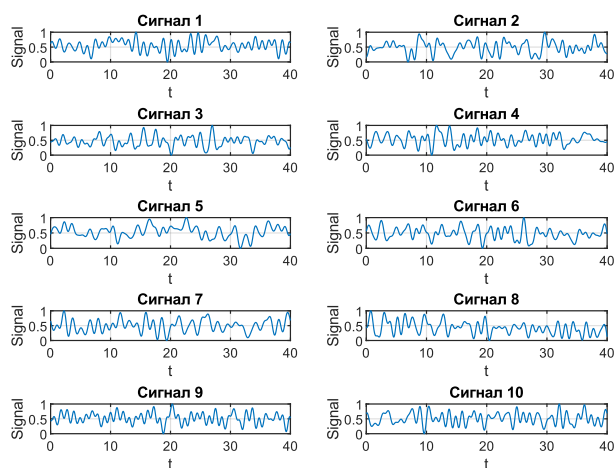


Рисунок 3.15 – Результат моделювання для другого процесу

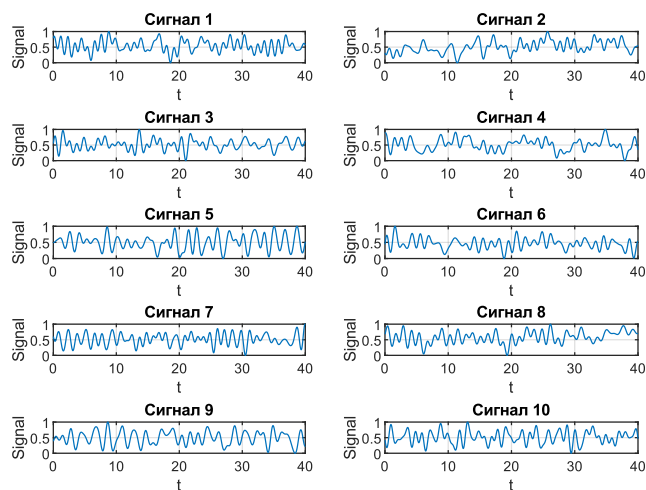


Рисунок 3.16 – Результат моделювання для третього процесу

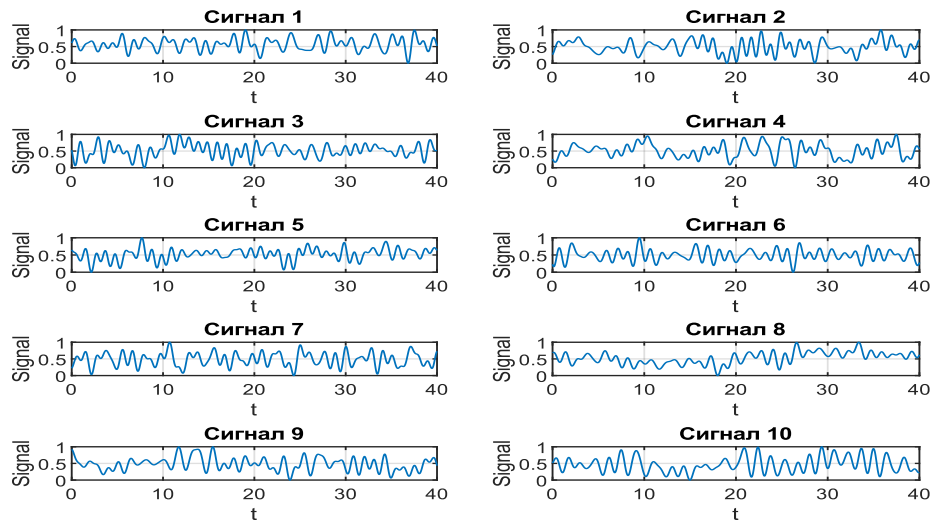


Рисунок 3.17 – Результат моделювання для четвертого процесу

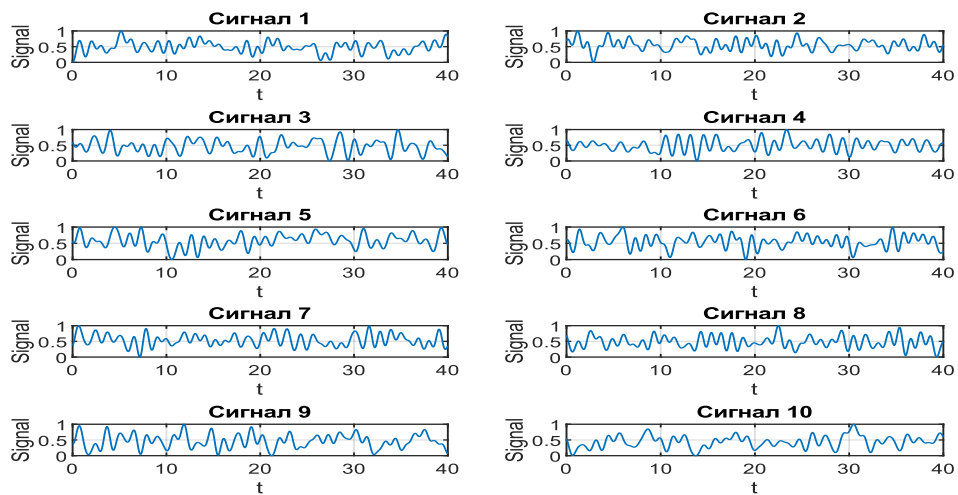


Рисунок 3.18 – Результат моделювання для п'ятого процесу

Тепер спробуємо промоделювати 5 процесів, які будуть включати в себе різні параметри стаціонарності та нестаціонарності.

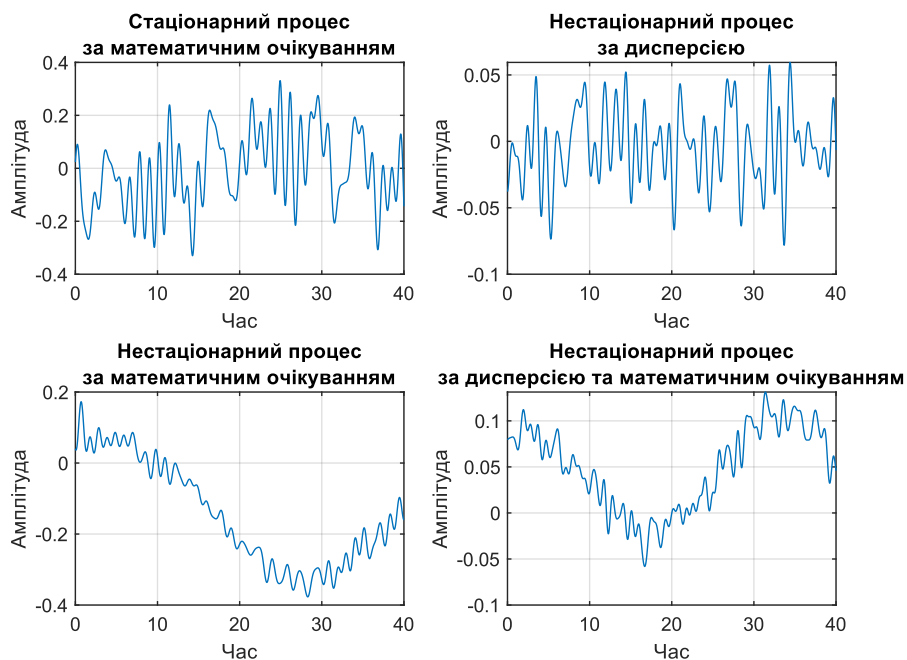


Рисунок 3.19 – Результат моделювання для випадкового процесу 1

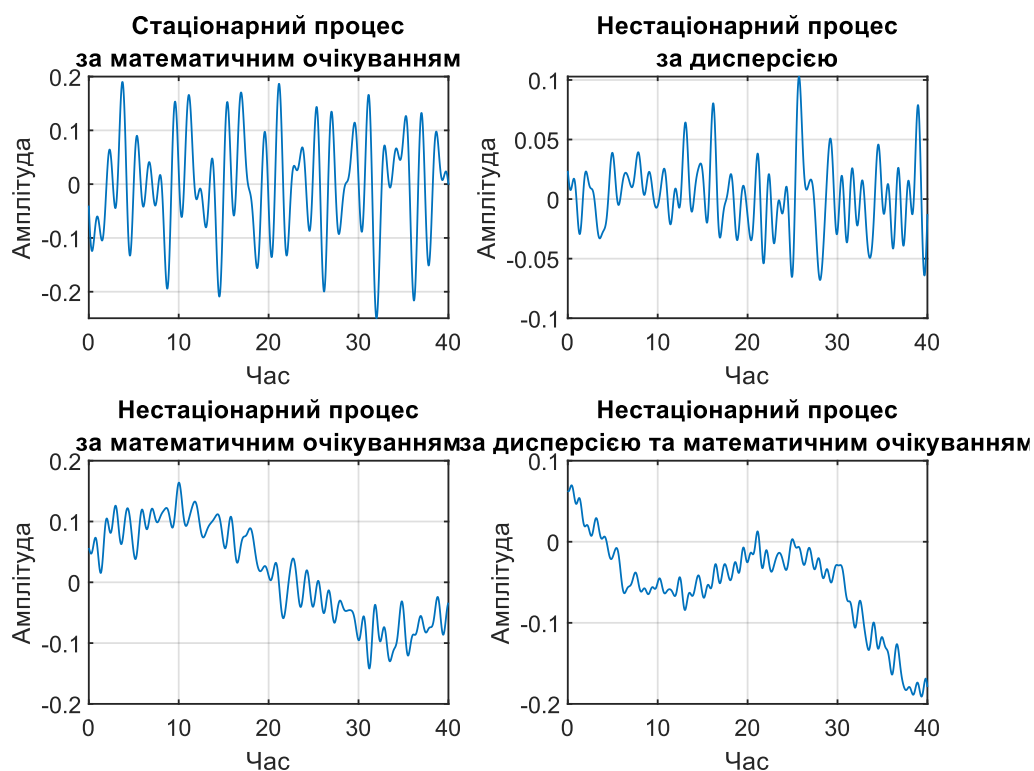


Рисунок 3.20 – Результат моделювання для випадкового процесу 2

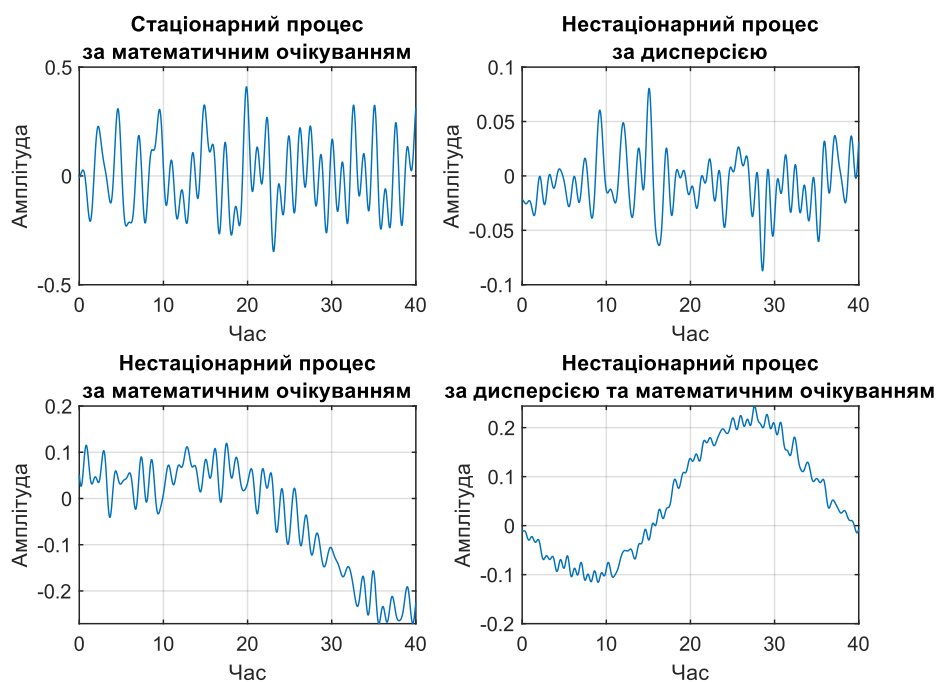


Рисунок 3.21 – Результат моделювання для випадкового процесу 3

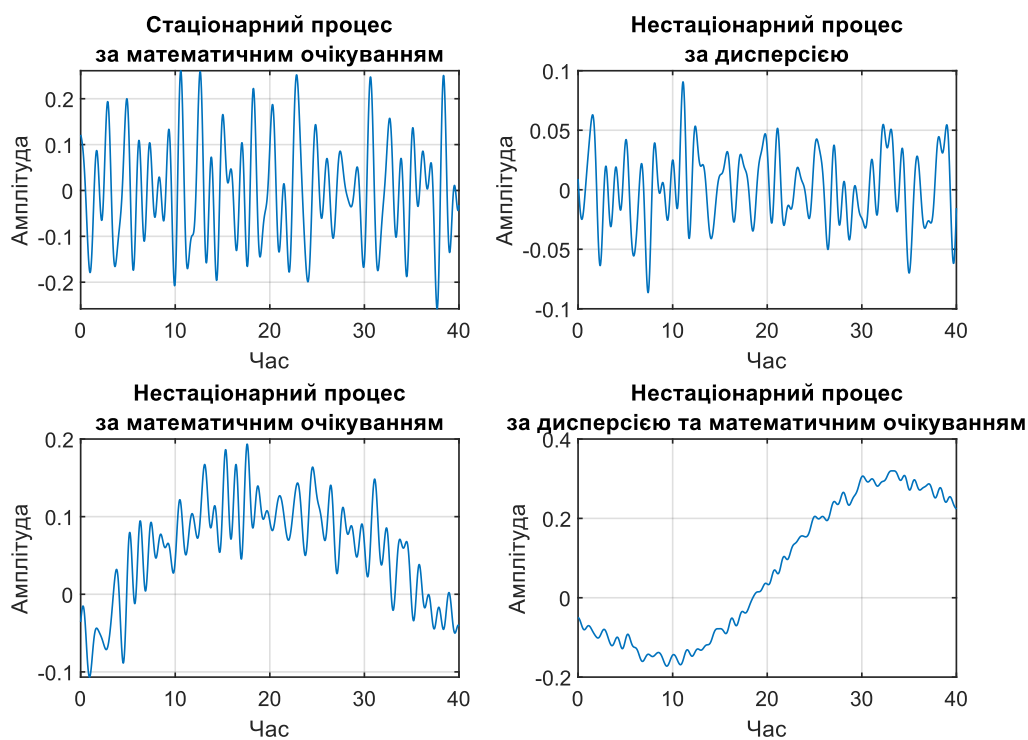


Рисунок 3.22 – Результат моделювання для випадкового процесу 4

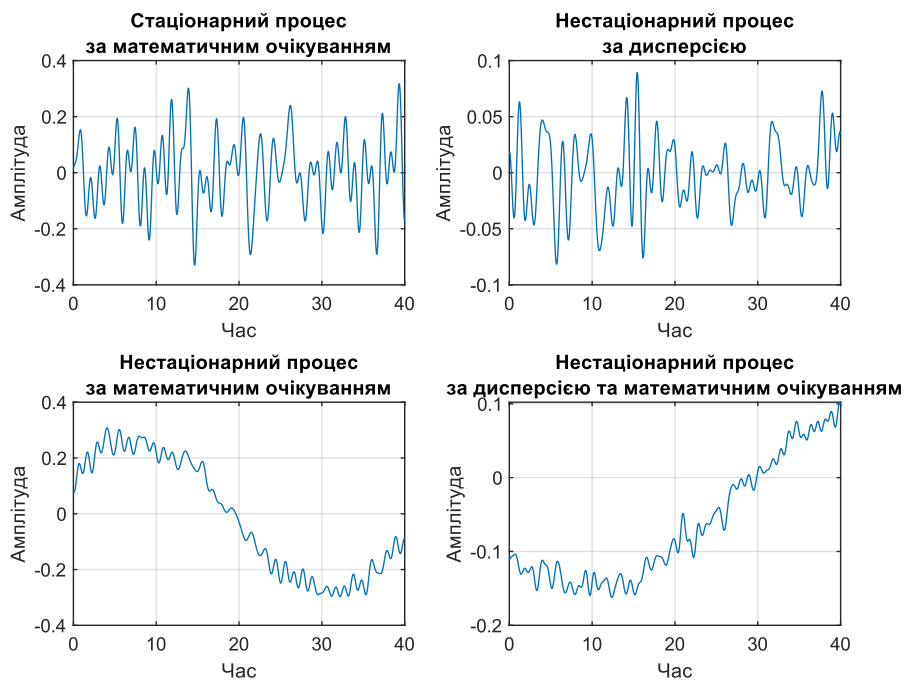


Рисунок 3.23 – Результат моделювання для випадкового процесу 5

Виходячи з цих графіків, ми можемо побачити як параметри нестационарності впливають на вигляд випадкового процесу.

До нашої згенерованої вибірки синусоїд для 5 процесів додамо нестационарність за математичним очікуванням, дисперсією та шум

Результати моделювання без шуму показані на рисунках.

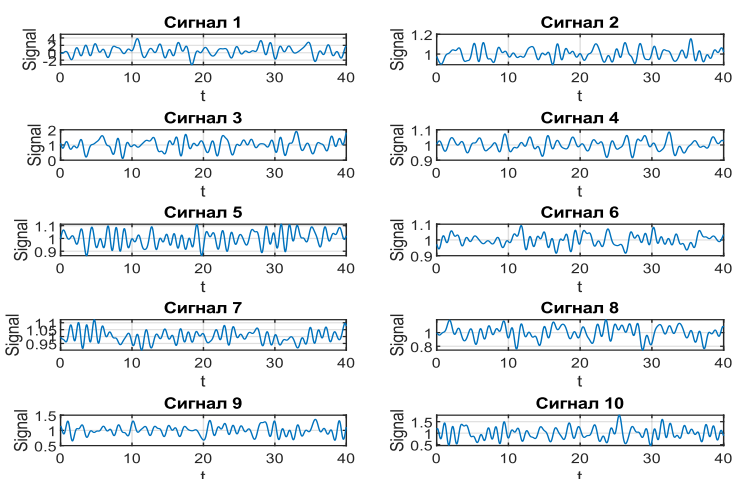


Рисунок 3.24 – Результат моделювання для випадкового процесу 1 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією без шуму

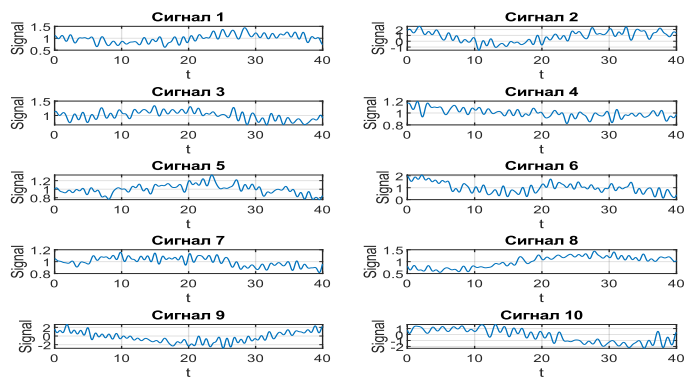


Рисунок 3.25 – Результат моделювання для випадкового процесу 2 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією без шуму

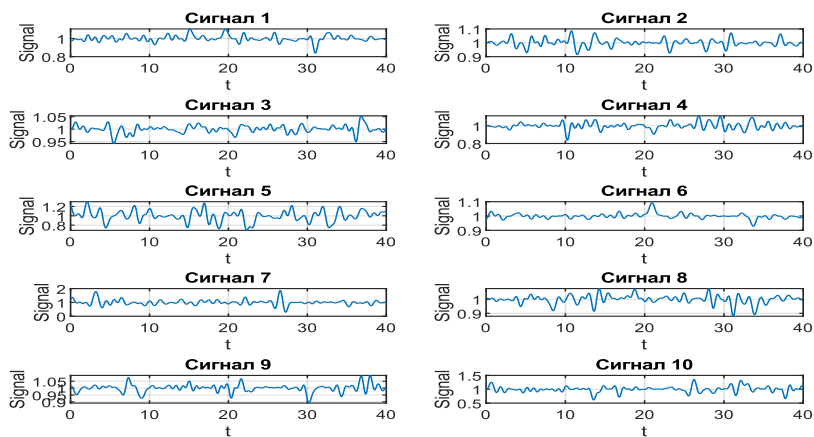


Рисунок 3.26 – Результат моделювання для випадкового процесу 3 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією без шуму

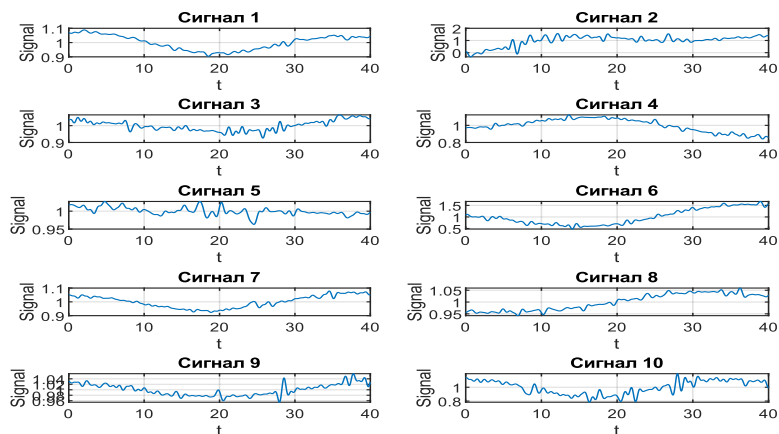


Рисунок 3.27 – Результат моделювання для випадкового процесу 4 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією без шуму

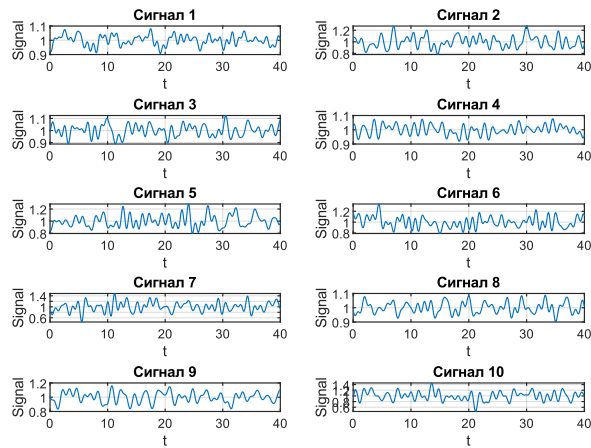


Рисунок 3.28 – Результат моделювання для випадкового процесу 5 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією без шуму

Побудуємо ці графіки із додаванням шуму та подивимось як шум впливає на вигляд графіку. Результат показаний на рисунках 3.29 – 3.30:

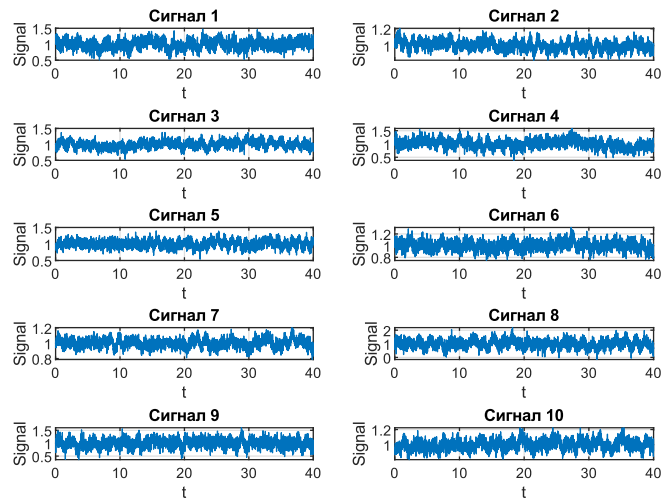


Рисунок 3.29 – Результат моделювання для випадкового процесу 1 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією з додаванням шуму

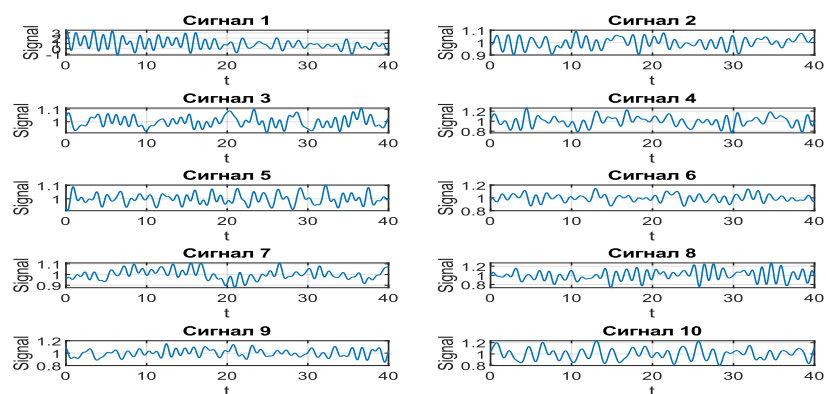


Рисунок 3.30 – Результат моделювання для випадкового процесу 2 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією з додаванням шуму

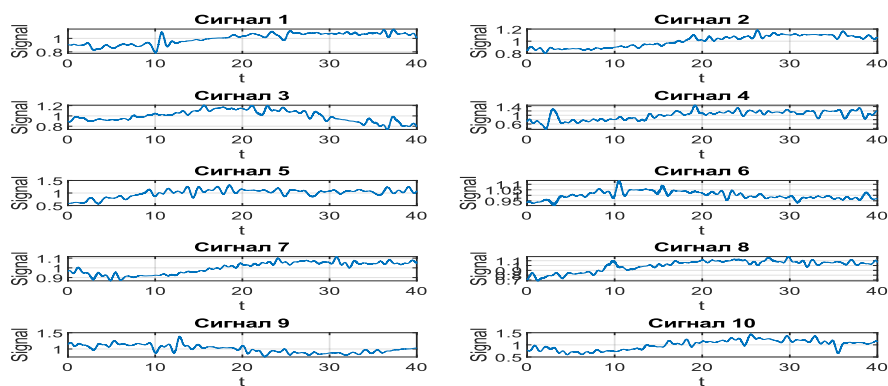


Рисунок 3.31 – Результат моделювання для випадкового процесу 3 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією з додаванням шуму

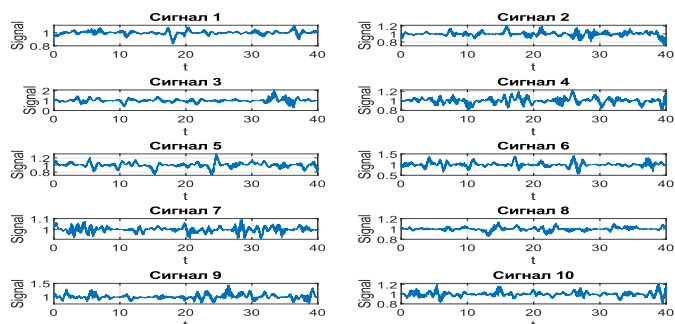


Рисунок 3.32 – Результат моделювання для випадкового процесу 4 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією з додаванням шуму

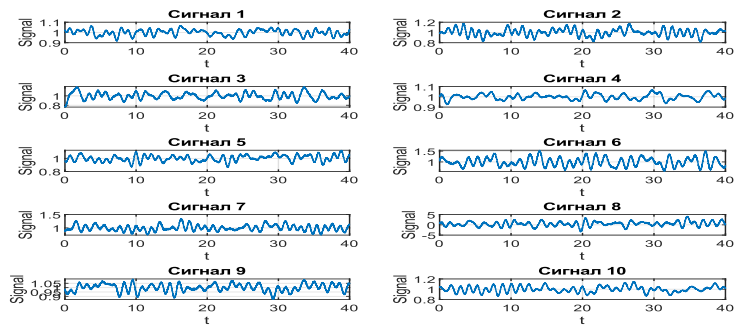


Рисунок 3.33 – Результат моделювання для випадкового процесу 5 з нестационарністю за математичним очікуванням та дисперсією з додаванням шуму

Тепер побудуємо графіки середніх процесів. Вони відображають залежність середніх значень сигналів від часу для кожного процесу. Також вони допомагають визначити загальну тенденцію або характеристики процесу з урахуванням шуму та варіацій між вибірками. Для цього напишемо такий код у Matlab:

Результати моделювання без шуму показані на рисунках 3.34-3.41.



Рисунок 3.34 – Графік середніх значень для процесу 1

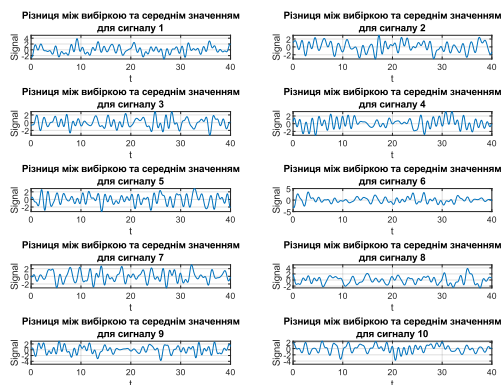


Рисунок 3.35 – Різниця між вибіркою та середнім значенням для процесу 1



Рисунок 3.36 – Графік середніх значень для процесу 2

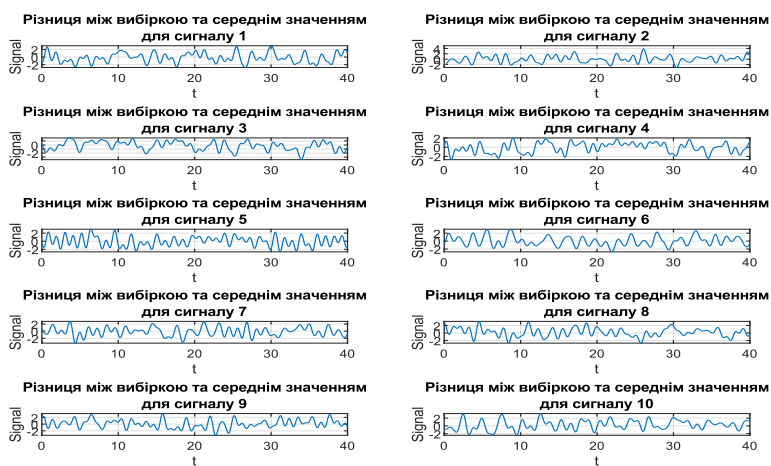


Рисунок 3.37 – Різниця між вибіркою та середнім значенням для процесу 2



Рисунок 3.38 – Графік середніх значень для процесу 3

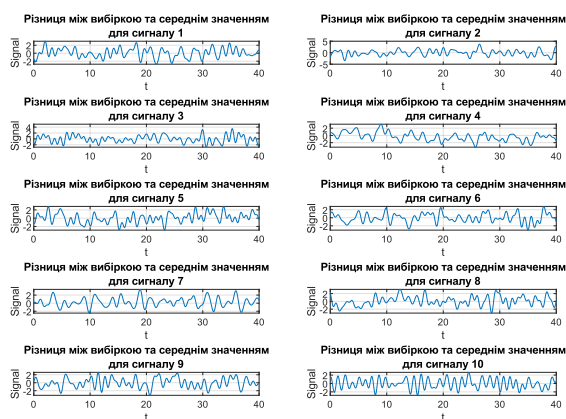


Рисунок 3.39 – Різниця між вибіркою та середнім значенням для процесу 3

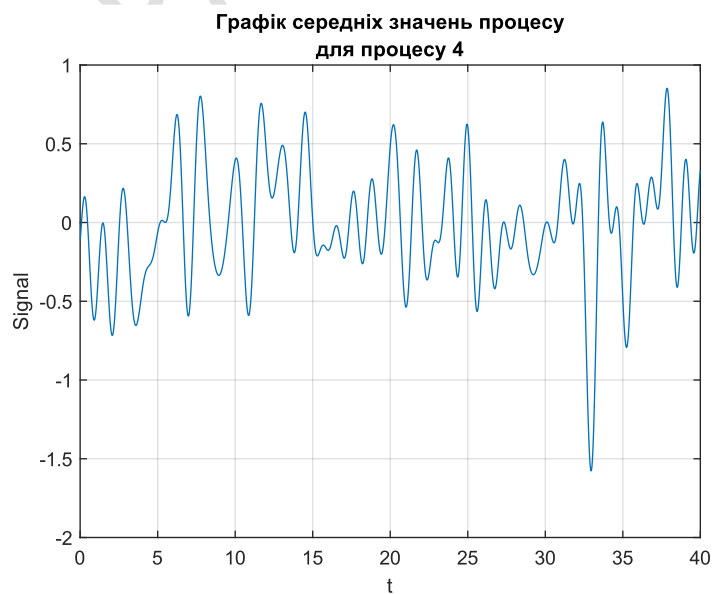


Рисунок 3.40 – Графік середніх значень для процесу 4

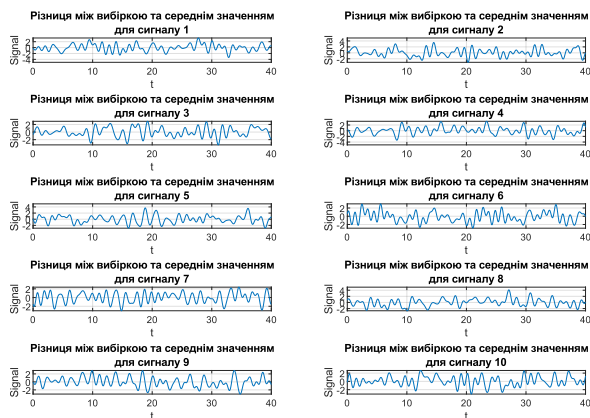


Рисунок 3.41 – Різниця між вибіркою та середнім значенням для процесу 4

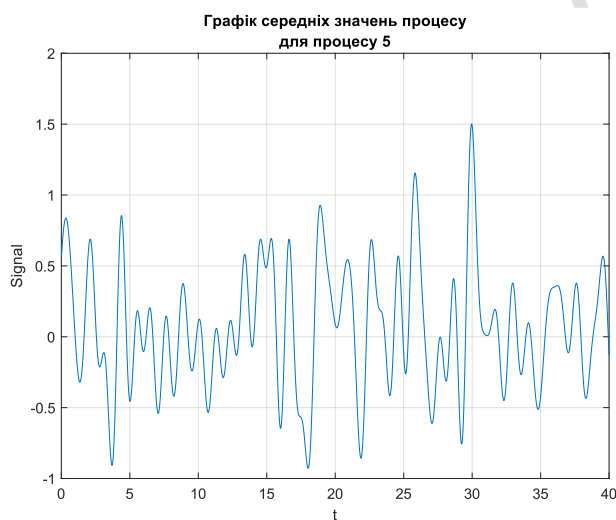


Рисунок 3.42 – Графік середніх значень для процесу 5

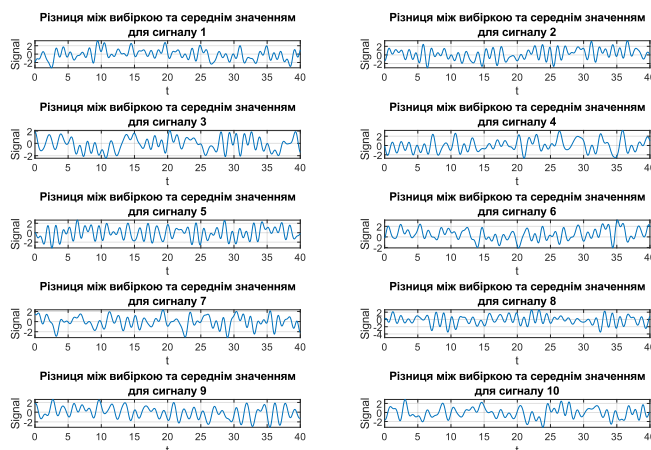


Рисунок 3.43 – Різниця між вибіркою та середнім значенням для процесу 5

Тепер побудуємо характеристичні зображення випадкових процесів із застосуванням портретів сигналів за допомогою функцій Лежандра.

Виконаємо код 4 рази, та побачимо як в залежності від різних вибірок випадкових процесів може змінюватися портрет сигналів. Результат моделювання показаний на рисунку 3.44-3.47.

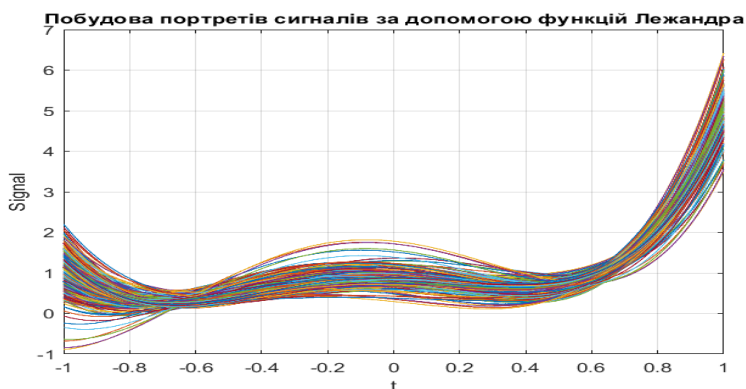


Рисунок 3.44 – Характеристичне зображення портрету сигналів за допомогою функції Лежандра для 1 виконання коду

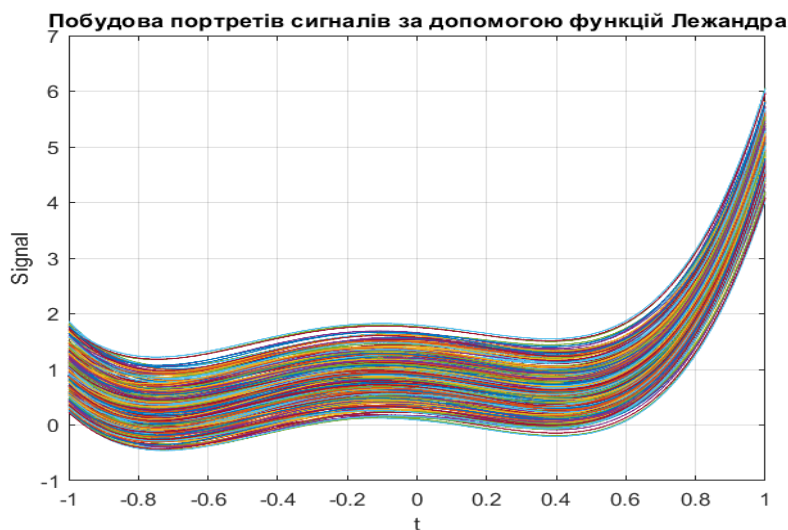


Рисунок 3.45 – Характеристичне зображення портрету сигналів за допомогою функції Лежандра для 2 виконання коду

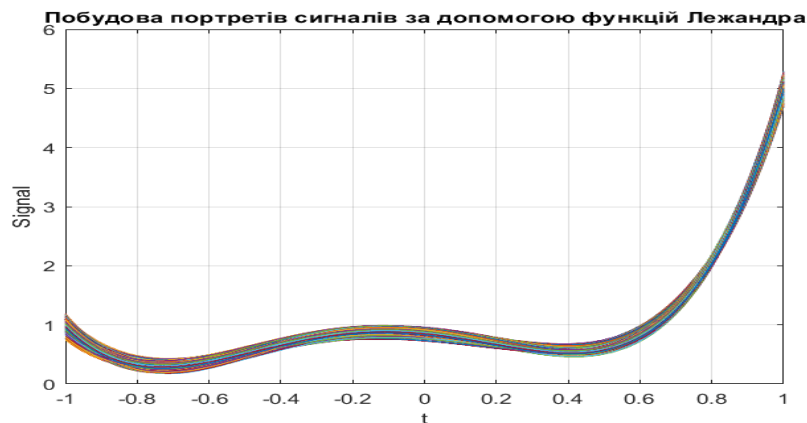


Рисунок 3.46 – Характеристичне зображення портрету сигналів за допомогою функції Лежандра для 3 виконання коду

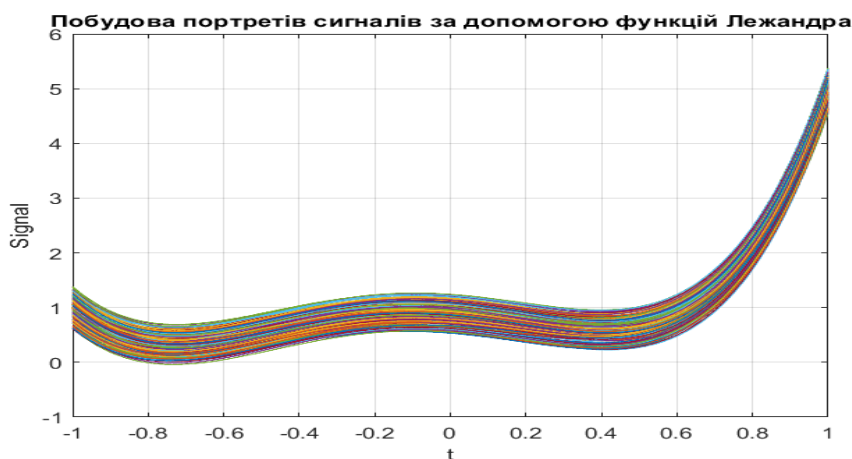


Рисунок 3.47 – Характеристичне зображення портрету сигналів за допомогою функції Лежандра для 4 виконання коду

На основі цих графіків можна спостерігати за змінами розсіювання сигналів у залежності від різних генерацій вибірок з випадковими параметрами нестационарності. Ми створили чотири вибірки, використовуючи п'ять випадкових процесів.

3.3. Результати моделювання випадкових процесів зі стрибками параметрів

Згенеровані вибірки мають сталий рівень нестационарності і відсутність аномальних стрибків. Прагнемо врахувати систему, в якій можуть виникати стрибки, і візуалізувати їх на графіку.

Моделюємо систему із стрибком нормальної форми, застосовуючи його до першої вибірки першого процесу. Змінюємо параметри амплітуди та тривалості, спостерігаючи, як це впливає на портрет.

Для налаштувань параметрів стрибка обрані такі значення: $t_j=20$, $s_j=0.3$. Результат моделювання для цих параметрів відображено на рисунках 3.48-3.50.



Рисунок 3.48 – Графік нестационарного випадкового процесу із накладенням стрибку з параметрами $t_j=20$, $s_j=0.3$

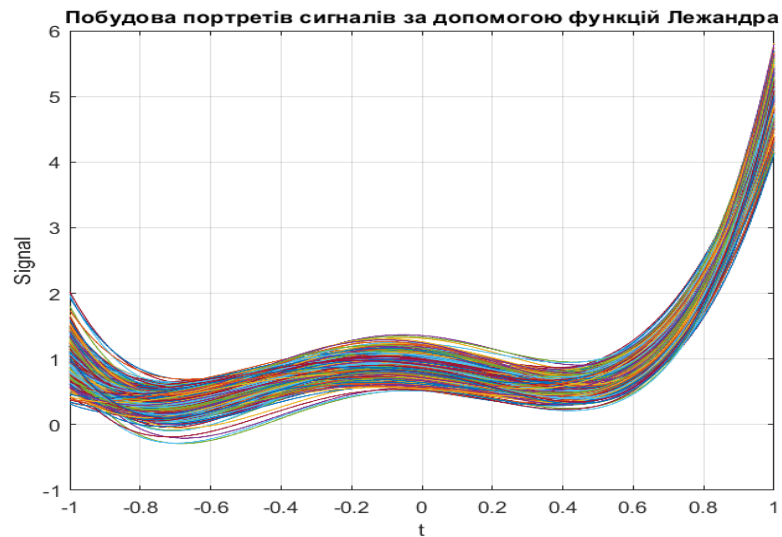


Рисунок 3.49 – Портрет сигналів без стрибка

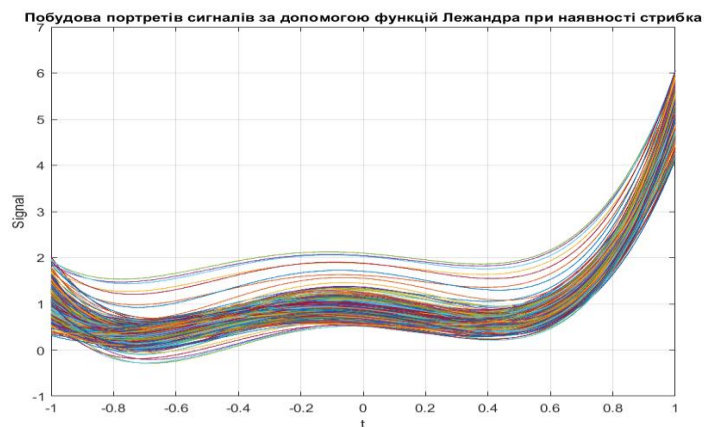


Рисунок 3.50 – Портрет сигналів зі стрибком

Тепер спробуємо змінити параметри амплітуди та тривалості і побачимо як зміниться портрет. В програмі змінюємо параметри $t_j=12$, $s_j=0.1$. Результат моделювання для цих параметрів показаний на рисунку 3.51-3.52.



Рисунок 3.51 – Графік нестационарного випадкового процесу із накладенням стрибку з параметрами $t_j=12$, $s_j=0.1$

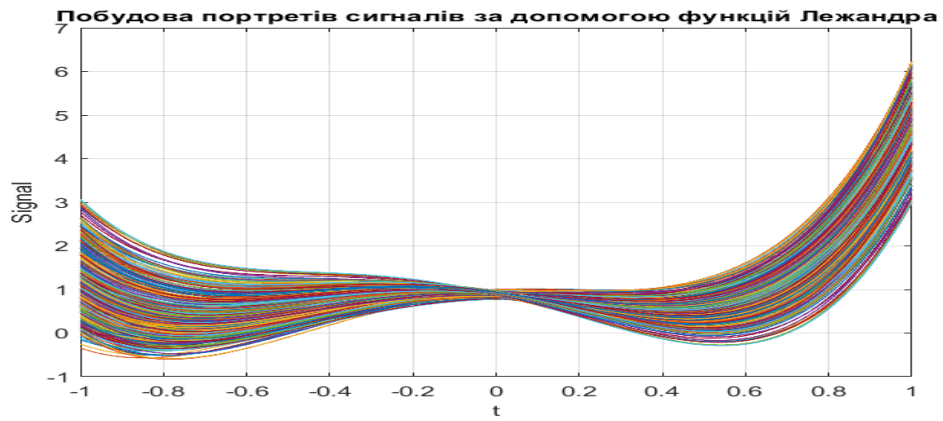


Рисунок 3.52 – Портрет сигналів без стрибка

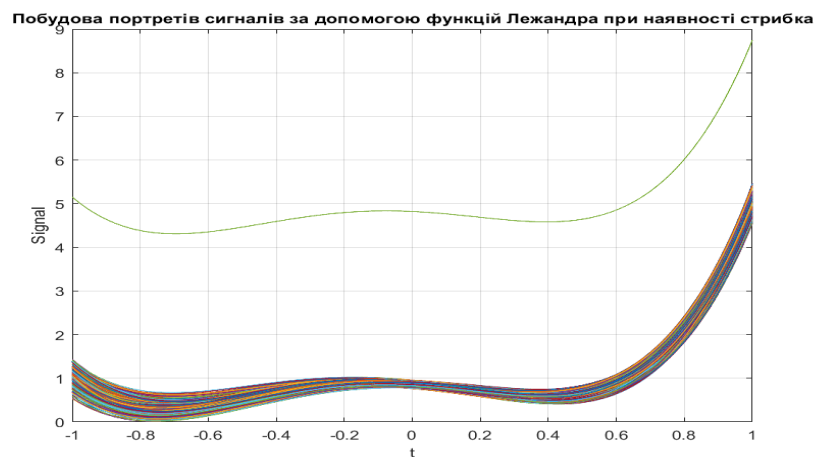


Рисунок 3.53 – Портрет сигналів зі стрибком

Промодельюємо систему із стрибком дельта-функції форми або типу сходинок. Будемо змінювати параметри амплітуди та тривалості і побачимо як зміниться портрет. Результат моделювання для цих параметрів показаний на рисунку 3.54 – 3.56:

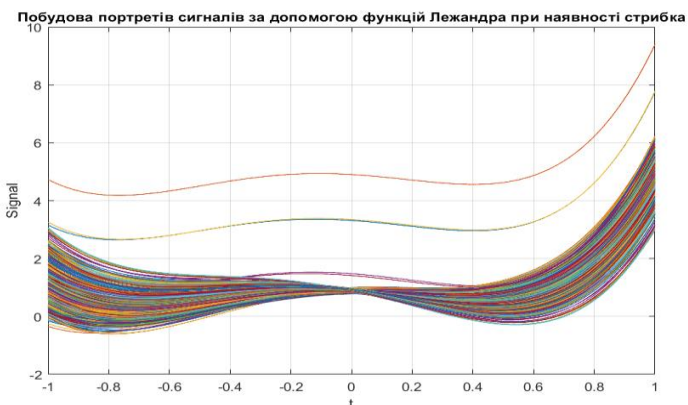


Рисунок 3.54 – Графік нестационарного випадкового процесу із накладенням стрибку з параметрами $T_r=2001$, $A_r=4$

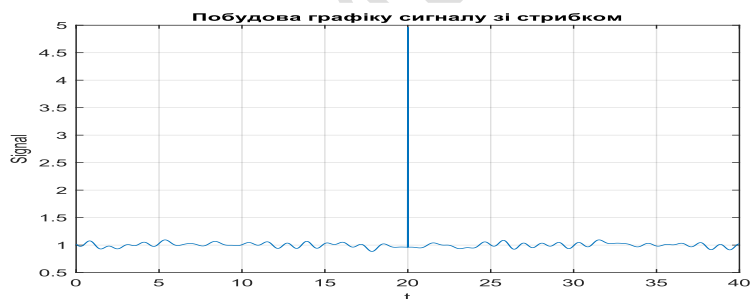


Рисунок 3.55 – Портрет сигналів без стрибка

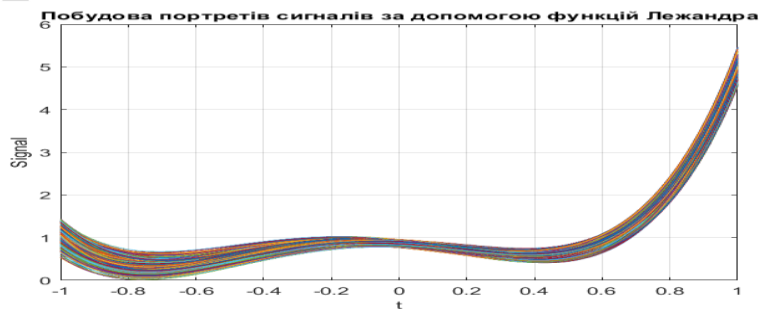


Рисунок 3.56 – Портрет сигналів зі стрибком

Тепер спробуємо змінити параметри амплітуди та тривалості і побачимо як зміниться портрет. Результат моделювання для цих параметрів показаний на рисунку 3.57-3.59.



Рисунок 3.57 – Графік нестационарного випадкового процесу із накладенням стрибку з параметрами $T_r=3001$, $A_r=8$

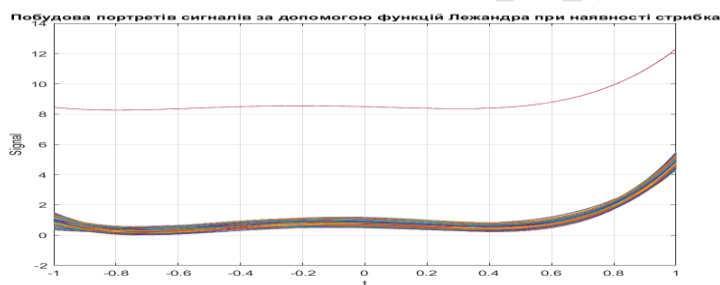


Рисунок 3.58 – Портрет сигналів зі стрибком

На рисунку 3.59 показано характеристичне зображення, сукупність кривих:

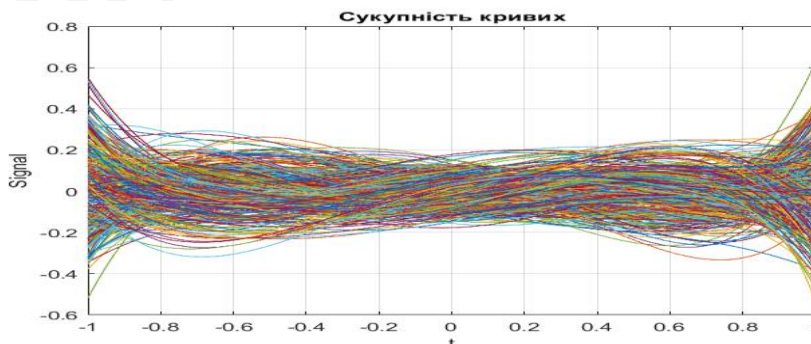


Рисунок 3.59 – Характеристичне зображення, сукупність кривих

Побудуємо портрет Лежандра для реальної вибірки для 5 параметрів ТЕЦ. Результат моделювання показаний на рисунку 3.60:

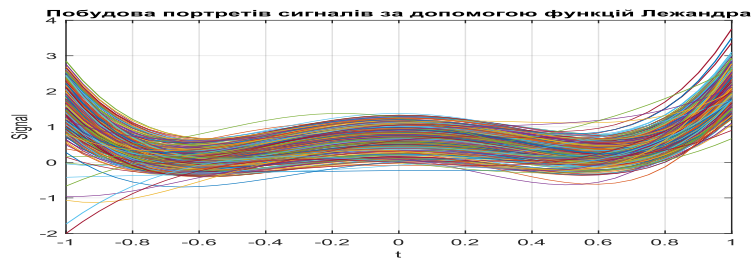


Рисунок 3.60 – Портрет сигналів за допомогою функції Лежандра для 5 вибірок контролюючих параметрів на ТЕЦ

3.4. Висновки до третього розділу

Наші спостереження щодо змін розсіювання сигналів у залежності від різних генерацій вибірок з випадковими параметрами нестационарності є важливим. Зміни в розсіюванні можуть вказувати на різноманітність та динаміку варіацій у вибірках. Ось деякі можливі висновки та спостереження:

Методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів можна розділити на два основних типи:

- Методи на основі статистичного критерію

Ці методи використовують статистичні критерії для оцінки імовірності того, що даний відрізок сигналу є стрибком. Наприклад, метод Парето-Вільда використовує критерій χ^2 для оцінки того, чи відрізняється розподіл даних у двох сусідніх відрізках сигналу.

- Методи на основі локальної апроксимації

Ці методи використовують локальну апроксимацію сигналу для виявлення стрибків. Наприклад, метод лінійної апроксимації використовує мінімальні квадрати для побудови лінії, яка найкраще апроксимує сигнал у кожному відрізку. Якщо похибка апроксимації перевищує певний поріг, то вважається, що в цьому відрізку відбувся стрибок.

Ось деякі конкретні методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів:

- Метод Парето-Вальда

Цей метод використовує критерій χ^2 для оцінки того, чи відрізняється розподіл даних у двох сусідніх відрізках сигналу. Якщо різниця значень критерію χ^2 перевищує певний поріг, то вважається, що в цьому відрізку відбувся стрибок.

- Метод лінійної апроксимації

Цей метод використовує мінімальні квадрати для побудови лінії, яка найкраще апроксимує сигнал у кожному відрізку. Якщо похибка апроксимації перевищує певний поріг, то вважається, що в цьому відрізку відбувся стрибок.

- Метод фільтрів

Цей метод використовує фільтри для видалення шуму із сигналу. Після видалення шуму можна використовувати один із методів виявлення стрибків, описаних вище.

- Метод аналізу вейвлетів

Цей метод використовує вейвлет-перетворення для розкладання сигналу на частотні компоненти. Спектральні особливості стрибків параметрів сигналу, такі як різкі зміни частоти або амплітуди, можуть бути виявлені за допомогою аналізу вейвлетів.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів залежить від конкретних характеристик сигналу, а також від вимог до точності і ефективності.

Методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів можна розділити на два основні типи:

- Методи локального порівняння. Ці методи порівнюють значення сигналу в сусідніх точках в часі. Якщо значення сигналу в сусідніх точках різко відрізняються, це вважається ознакою стрибка параметра.

- Методи глобального порівняння. Ці методи порівнюють значення сигналу в усіх точках в часі. Якщо значення сигналу в певній точці різко

відрізняється від значення сигналу в інших точках, це вважається ознакою стрибка параметра.

До методів локального порівняння належать:

- Метод порогового значення. Цей метод визначає порогове значення, і якщо абсолютне значення різниці між значеннями сигналу в сусідніх точках перевищує порогове значення, це вважається ознакою стрибка параметра.
- Метод середньоквадратичного відхилення. Цей метод визначає середнє квадратичне відхилення значення сигналу від його середнього значення. Якщо абсолютне значення різниці між значенням сигналу в певній точці і його середньоквадратичним відхиленням перевищує певну величину, це вважається ознакою стрибка параметра.

До методів глобального порівняння належать:

- Метод лінійної регресії. Цей метод використовує лінійну регресію для прогнозування значення сигналу в наступній точці в часі. Якщо прогнозоване значення сигналу в певній точці різко відрізняється від фактичного значення сигналу, це вважається ознакою стрибка параметра.
- Метод вейвлет-аналізу. Цей метод розкладає сигнал на вейвлет-коефіцієнти. Якщо вейвлет-коефіцієнти в певній точці різко відрізняються від вейвлет-коефіцієнтів в інших точках, це вважається ознакою стрибка параметра.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів залежить від конкретних характеристик сигналу і вимог до точності виявлення стрибків.

Ось деякі приклади застосування методів виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів:

- Виявлення дефектів у виробі. Стрибки параметрів сигналу можуть бути ознакою дефекту в виробі. Наприклад, стрибок амплітуди сигналу може бути ознакою тріщини в виробі.
- Виявлення змін в навколишньому середовищі. Стрибки параметрів сигналу можуть бути ознакою зміни в навколишньому середовищі. Наприклад, стрибок частоти сигналу може бути ознакою зміни температури.

- Виявлення змін в біологічних системах. Стрибки параметрів сигналу можуть бути ознакою зміни в біологічній системі. Наприклад, стрибок амплітуди сигналу може бути ознакою зміни в серцевому ритмі.

Методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів можна розділити на два основних типи:

- Методи на основі аналізу локальних властивостей сигналу. Ці методи ґрунтуються на тому, що стрибки параметрів сигналу супроводжуються зміною його локальних властивостей, таких як середнє значення, дисперсія, кореляційна функція тощо.

- Методи на основі аналізу глобальних властивостей сигналу. Ці методи ґрунтуються на тому, що стрибки параметрів сигналу супроводжуються зміною його глобальних властивостей, таких як спектральна щільність потужності, вейвлет-спектр тощо.

До методів першого типу належать:

- Метод на основі порогової фільтрації. Цей метод полягає в тому, що сигнал фільтрується фільтром з порогом. Якщо значення сигналу після фільтрації перевищує певний поріг, то вважається, що відбувся стрибок.

- Метод на основі аналізу локальної дисперсії. Цей метод полягає в тому, що для кожного відрізка сигналу обчислюється його локальна дисперсія. Якщо локальна дисперсія перевищує певний поріг, то вважається, що відбувся стрибок.

- Метод на основі аналізу локальної кореляції. Цей метод полягає в тому, що для кожного відрізка сигналу обчислюється його локальна кореляційна функція. Якщо локальна кореляційна функція опускається нижче певного порога, то вважається, що відбувся стрибок.

До методів другого типу належать:

- Метод на основі аналізу спектральної щільності потужності. Цей метод полягає в тому, що для сигналу обчислюється його спектральна щільність потужності. Якщо спектральна щільність потужності в певній області частот різко змінюється, то вважається, що відбувся стрибок.

- Метод на основі аналізу вейвлет-спектра. Цей метод полягає в тому, що для сигналу обчислюється його вейвлет-спектр. Якщо вейвлет-спектр в певній області частот різко змінюється, то вважається, що відбувся стрибок.

Кожен метод має свої переваги і недоліки. Метод на основі порогової фільтрації є простим і ефективним, але він може бути чутливим до шуму. Метод на основі локальної дисперсії є більш точним, ніж метод на основі порогової фільтрації, але він може бути менш ефективним для сигналів з високою дисперсією. Метод на основі локальної кореляції є більш точним, ніж метод на основі локальної дисперсії, але він може бути менш ефективним для сигналів з низькою кореляцією. Метод на основі аналізу спектральної щільності потужності є ефективним для виявлення стрибків в спектрі сигналу, але він може бути менш ефективним для сигналів з вузьким спектром. Метод на основі аналізу вейвлет-спектра є більш ефективним, ніж метод на основі аналізу спектральної щільності потужності, але він може бути менш ефективним для сигналів з високим рівнем шуму.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналу залежить від конкретних властивостей сигналу, а також від вимог до точності і ефективності методу.

Ось деякі приклади застосування методів виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів:

- Відстеження руху об'єктів. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в координатах об'єкта.
- Декодування сигналів. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в значеннях символів сигналу.
- Виявлення дефектів в технічній системі. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в параметрах технічного процесу.

В Україні методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів застосовуються в таких галузях, як:

- Авіація. Для виявлення стрибків в параметрах роботи двигунів і інших систем літака.

- Атомна енергетика. Для виявлення стрибків в параметрах роботи ядерних реакторів.

- Навчальні системи.

Для виявлення стрибків в результатах навчання учнів і студентів. Ці результати можуть бути важливим внеском у розуміння поведінки та характеристик випадкових процесів і виявлення ключових факторів, що впливають на їхню динаміку.

КАФЕДРА МБЖД ХНАДУ

4 СТРУКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ БАГАТОМІРНИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Інтелектуальною інформаційно-вимірювальною системою (ІВС) в дипломній роботі є система, яка використовує інтелектуальні алгоритми для створення візуального образу багатомірних випадкових процесів. Обґрунтуємо основні складові цієї системи.

До них можна віднести: 1) первинні вимірювальні пристрої; 2) систему зберігання вимірювальної інформації (база даних); систему обробки сигналів; 3) інтелектуальні алгоритми вимірювання; 4) систему прийняття рішення.

Зазначені складові ІВС є характерними для більшості багатоканальних інформаційно-вимірювальних систем. До них належать, наприклад, сенсорні системи, такі як камери, мікрофони, віброметри, акселерометри та магнітометри, що вимірюють параметри багатомірних сигналів, які можна інтерпретувати як реалізації випадкових процесів. Аналогічно функціонують системи моніторингу стану, такі як системи моніторингу стану здоров'я або системи моніторингу навколишнього середовища. Системи контролю, такі як системи управління літаком або системи управління автомобілем-роботом, вимірюють багатомірні сигнали, які також можна інтерпретувати як реалізації випадкових процесів. Подібні вимірювання здійснюються в системах контролю якості, в роботизованих системах, системах безпеки тощо.

4.1 Первинні вимірювальні пристрої ІВС

Первинні вимірювальні пристрої – це пристрої, які перетворюють фізичні величини в електричні сигнали. В роботі первинні вимірювання здійснюються з допомогою датчиків будь-якого типу в залежності від завдань, що виконує багатоканальна система. Вихідні сигнали вимірювальних пристроїв передаються в систему обробки сигналів та на систему зберігання вимірювальної інформації.[4]

4.2 Система зберігання вимірювальної інформації

Ця система включає базу даних, яка формується на протязі декількох років і містить вимірювальну інформацію, що описує часову поведінку параметрів реалізацій багатьох випадкових процесів. Вона регулярно поповнюється поточними вимірюваннями. Особлива увага надається реєстрації різних аномалій, наприклад, стрибків параметрів сигналів, а також реалізацій нестационарних випадкових процесів. Система зберігання вимірювальної інформації може бути доповнена блоком інтелектуального аналізу вимірювальної інформації на основі штучного інтелекту. Результатом цього аналізу може бути, наприклад, узагальнення випадків появи істотних змінювань параметрів сигналів за короткий час. Така інформація може бути корисною при створенні апіорних моделей випадкових процесів, які для різних параметрів можуть значно відрізнятися. Крім того, вона є корисною при прийнятті рішень про стан технічного об'єкту, параметри якого вимірюються.[5]

4.3 Система обробки сигналів в ПВС

Ця система складається з декількох блоків: 1) блоку накопичення реалізацій випадкових процесів в кожному каналі; 2) блоку дискретизації реалізацій випадкових процесів; 3) блоку вибору ортогональних функцій і створення сукупності характеристичних функцій; 4) блоку визначення осередненої характеристичної функції; 5) блоку формування візуального образу. [6]

Спочатку здійснюється накопичення реалізацій випадкових процесів в кожному каналі інформаційно-вимірювальної системи, а потім кожна реалізація випадкового процесу дискретизується в часі для подальшого створення візуального образу багатомірного випадкового процесу. Слід відрізнити зазначену дискретизацію від тієї, що відбувається в аналого-цифровому перетворювачі. Тут дискретизація здійснюється з метою отримання деталізованого візуального образу процесу з мінімальними обчислювальними ресурсами.

Дискретні значення процесу помножують на ортогональні функції відповідного порядку і отримують сукупність характеристичних функцій, з якої отримують осереднену характеристичну функцію. Потім здійснюється віднімання від сукупності поточних узагальнених функцій відповідного набору осереднених узагальнених функцій і формування візуального образу, який буде ознакою для виявлення аномалій у вигляді стрибкоподібних змінювань амплітуд реалізацій випадкового процесу.

4.4 Інтелектуальні алгоритми вимірювання

Обробка сигналів здійснюється з використанням інтелектуальних алгоритмів вимірювання параметрів процесів. Вони дозволяють оцінити допустимі похибки вимірювань, наявність яких не приведе до подальшого неправильного прийняття рішень щодо наявності аномальних змінювань параметрів процесів за короткий час. Ці алгоритми враховують також кількість накопичених реалізацій багатомірного випадкового процесу, їх статистичні характеристики, оптимальну дискретність, вибір ортогональних функцій, зручність проведення аналізу тощо.

4.5 Система прийняття рішення

Система прийняття рішень - це система, яка приймає рішення на основі даних, що сформовані інтелектуальними алгоритмами. [7] В дипломній роботі рішення щодо наявності стрибків параметрів сигналів в складових багатовимірному випадкового процесу приймається людиною-оператором на основі візуального образу випадкового процесу, що підготовлений системою обробки сигналів з залученням інтелектуального алгоритму вимірювання. Подальшим розвитком цього дослідження може бути впровадження системи автоматичного розпізнавання стрибків з використанням методу статистичної перевірки гіпотез, а це викликає необхідність створення законів розподілу відповідних параметрів випадкового процесу.

4.6. Висновки до четвертого розділу

Прийняття рішення щодо наявності стрибків параметрів багатовимірного випадкового процесу здійснюється людиною-оператором на основі візуальних образів цього процесу, що створюються системою обробки сигналів з використанням інтелектуальних алгоритмів вимірювання.

КАФЕДРА МБЖД ХНАДУ

5 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Правові та організаційні основи охорони праці

Охорона праці – це система правових, технічних, організаційних, економічних та соціальних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки та здоров'я працівників під час виконання їх професійних обов'язків. Правові та організаційні аспекти охорони праці визначаються законодавством кожної країни. Нижче наведені загальні принципи та поняття, що стосуються правових та організаційних основ охорони праці.

Правові основи охорони праці:

1. Конституційні норми.
2. Законодавство про охорону праці
3. Нормативні акти з техніки безпеки.
4. Медичні стандарти.
5. Нормативи щодо робочого часу та відпочинку.

Організаційні основи охорони праці:

1. Створення служби охорони праці.
2. Аудит та контроль.
3. Інструктаж та навчання.
4. Медичний контроль.
5. Вивчення та аналіз нещасних випадків.
6. Заохочення та відповідальність.

Ці правові та організаційні заходи мають на меті забезпечити безпеку працівників та підтримувати їхнє фізичне та психічне здоров'я під час виконання професійних обов'язків.

5.2 Аналіз умов праці та стану безпеки

Аналіз умов праці та стану безпеки – це процес визначення та оцінки умов, в яких здійснюється праця на підприємстві, а також оцінка рівня безпеки працівників.[9] Головною метою цього аналізу є виявлення можливих ризиків і небезпек, спрямованих на удосконалення умов праці з метою запобігання нещасних випадків та покращення безпеки працівників. Після проведення аналізу, отримані дані використовуються для розробки та впровадження заходів, спрямованих на покращення умов праці та забезпечення безпеки. Цей процес відповідає законодавчим вимогам у сфері охорони праці і є обов'язковим для всіх підприємств.

Отже, аналіз умов праці та стану безпеки є необхідним етапом для ефективної управлінської діяльності, спрямованої на забезпечення безпеки працівників та покращення робочих умов.

5.3 Основні вимоги до організації робіт, пов'язаних із використанням електронно-обчислювальної машиною

Керівники зобов'язані враховувати такі основні вимоги до організації робіт, пов'язаних з використанням ЕОМ (відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98):

- розміщення робочих місць у підвальних приміщеннях і на цокольних поверхах заборонено;
- площа приміщення на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 кв. м, а об'єм – не менше ніж 20,0 кв. м;
- приміщення повинні мати природне та штучне освітлення;
- приміщення мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією, які б забезпечували дотримання в приміщеннях нормованих параметрів мікроклімату;
- віконні прорізи приміщень мають бути обладнані регульованими пристроями (жалюзі, завіси тощо);

- у приміщеннях повинно щоденно проводитися вологе прибирання;
- приміщення мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги, вогнегасниками та системою автоматичної пожежної сигналізації;
- при розміщенні робочих столів з ВДТ відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не меншою 1,2 м, а відстань між тильними поверхнями екранів ВДТ – не меншою 2,5 м;
- висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ має бути в межах від 680 мм до 800 мм, а ширина і глибина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: від 600 мм до 1400 мм, глибина – від 800 мм до 1000 мм);
- робоче місце повинно бути забезпечено підйомно-поворотним робочим стільцем з регульованим за висотою і кутом нахилу сидіння і спинки;
- висота поверхні сидіння має регулюватися в межах від 400 мм до 500 мм, а кут нахилу сидіння – до 15° вперед і до 5° назад;
- при організації робочих місць у центрі приміщення електромережа живлення ЕОМ повинна бути прокладена у каналах підлоги або під підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах;
- передбачати для операторів ЕОМ залежно від характеру праці такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку (для розробників програм із застосуванням ЕОМ – регламентовані перериви у роботі тривалістю 15 хв. після кожної години роботи за ВДТ, для операторів комп'ютерного набору – 10 хв. після кожної години роботи за ВДТ, для операторів ЕОМ з іншим характером праці – 15 хв. через кожні дві години роботи з використанням ВДТ);
- у всіх випадках, коли через виробничі обставини не можливо застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 год.;
- оператори ЕОМ підлягають обов'язковим медичним оглядам: попереднім – при влаштуванні на роботу і щорічно протягом трудової діяльності;
- жінки з часу встановлення вагітності та в період годування дитини грудьми до виконання всіх робіт, пов'язаних з використанням ВДТ ЕОМ, не допускаються.

Оператору ЕОМ забороняється:

- ремонтувати ЕОМ, ВДТ і ПП;
- вносити зміни до конструкції ЕОМ;
- торкатися до задньої панелі системного блоку при включеному живленні;
- використовувати в роботі ЕОМ, які мають ознаки несправності;
- зберігати біля ЕОМ папір, дискети, інші носії інформації тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- вживати напої та їжу на робочому місці.

5.4 Інженерні рішення щодо поліпшення умов праці та стану безпеки

Удосконалення умов праці та безпеки оператора ЕОМ (електронно-обчислювальної машини) може бути досягнуте за допомогою різноманітних інженерних рішень. Нижче представлено кілька специфічних заходів, спрямованих на поліпшення умов праці та забезпечення безпеки оператора ЕОМ:

Використання ергономічних клавіатур, мишей та інших пристроїв для зменшення навантаження на руки та спину оператора.

Регульовані столи та стільці, щоб забезпечити оптимальну позу під час роботи за комп'ютером.

Використання захисних екранів або фільтрів для зменшення впливу випромінювання від моніторів.

Регулярна перевірка та поновлення антивірусних програм для запобігання можливому впливу шкідливих програм.

Забезпечення достатнього та природного освітлення в робочому приміщенні.

Використання адаптивного освітлення, яке може регулюватися відповідно до умов освітлення впродовж дня.

Встановлення шумозахисних матеріалів та обладнання для зменшення рівня шуму в офісі.

Використання навушників або інших акустичних рішень для зменшення впливу зовнішнього шуму.

Поширення умов для коротких перерв та розминки для запобігання стресу та м'язових напруг.

Встановлення робочих місць, де оператор може працювати у стоячому положенні для зменшення сидячого способу життя.

Впровадження автоматизованих систем для виконання рутинних завдань, щоб зменшити навантаження на оператора.

Забезпечення ефективного управління завданнями та програмами для зниження стресу та підвищення продуктивності.

Використання ефективних засобів захисту інформації та забезпечення безпеки даних.

Проведення навчань з питань кібербезпеки для операторів ЕОМ.

Ці заходи можна адаптувати відповідно до конкретних умов та вимог робочого середовища оператора ЕОМ. Важливо здійснювати систематичний моніторинг та оцінку ефективності цих рішень для постійного поліпшення умов праці та безпеки.

5.5 Організаційні заходи щодо поліпшення умов праці та стану безпеки

Організаційні заходи, спрямовані на поліпшення умов праці та безпеки оператора ЕОМ (електронно-обчислювальної машини), відіграють критичну роль у створенні здорового та безпечного робочого середовища. Ці заходи спрямовані на вдосконалення процесів управління та взаємодії, забезпечуючи безпеку працівників та підвищуючи їхню продуктивність.

Розвинена політика безпеки та охорони здоров'я.

Важливим кроком є розробка та впровадження чіткої політики безпеки на робочому місці, яка враховує унікальні аспекти роботи з комп'ютерами. Ця політика має визначати стандарти безпеки, ролі та відповідальності персоналу, а також процедури дії в екстрених ситуаціях.

Систематичне навчання та тренінги.

Регулярні навчання та тренінги є ключовими для підготовки працівників до виявлення та управління ризиками. Вони повинні включати в себе навички безпеки, використання новітніх технологій та ефективні методи роботи з ЕОМ.

Ефективна система комунікації.

Створення системи ефективною двосторонньої комунікації важливо для передачі важливої інформації про безпеку. Канали зворотного зв'язку слід розробляти для виявлення можливих небезпек та отримання пропозицій щодо поліпшень від працівників.

Управління стресом та організація робочого часу.

Введення програм та стратегій для управління стресом важливо для забезпечення психічного здоров'я працівників. Гнучкі робочі графіки та регулярні перерви можуть допомогти уникнути перевтомлення та підвищити загальний рівень комфорту.

Аудит безпеки та залучення працівників.

Регулярні аудити безпеки, що включають в себе оцінку ризиків та ефективності заходів, допомагають підтримувати високі стандарти безпеки. Залучення працівників до процесу визначення та реалізації заходів з безпеки створює сприятливий клімат для покращення умов праці.

Ці організаційні заходи повинні взаємодіяти та доповнювати інженерні та технічні рішення, створюючи комплексний підхід до забезпечення безпеки та комфорту операторів ЕОМ. Постійний моніторинг та оновлення цих заходів є важливим етапом для забезпечення найвищого ступеня безпеки та ефективності в робочому середовищі.

5.6 Висновки до п'ятого розділу

Висновки розділу в даній дипломній роботі зосереджені на ключових аспектах, пов'язаних із забезпеченням безпеки та умов праці операторів ЕОМ. Під час вивчення організаційних заходів було визначено, що впровадження чіткої політики безпеки та охорони здоров'я є критичним кроком для створення

безпечного робочого середовища. Навчання та тренінги, спрямовані на підготовку персоналу, мають велике значення для ефективності систем безпеки.

Окремий акцент був зроблений на системах комунікації та залученні працівників. Ефективна комунікація між всіма рівнями управління та співробітниками допомагає вчасно виявляти можливі небезпеки та реагувати на них. Залучення працівників у процеси прийняття рішень та розробки заходів забезпечує створення безпечної робочої культури. Важливою частиною висновків є розгляд питань управління стресом та організації робочого часу. Гнучкі графіки роботи та регулярні перерви є ефективними інструментами для підтримання фізичного та психічного здоров'я працівників.

На основі вивчення та аналізу розділу ОПБНС можна зробити висновок, що організаційні заходи грають важливу роль у створенні безпечного робочого середовища для операторів ЕОМ. Висунуті пропозиції щодо подальших шляхів розвитку охорони праці та безпеки включають постійне вдосконалення політики безпеки, регулярне оновлення програм тренінгів та вдосконалення систем комунікації для більш ефективного управління безпекою на робочому місці.

ВИСНОВКИ

Дослідження нового методу виявлення стрибків параметрів багатовимірних випадкових процесів у сучасних інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах має визначальне значення для подальшого розвитку технологій та вдосконалення їхньої ефективності. Для того щоб отримувати результати необхідно дотримуватися деяких факторів.

В результаті фільтрової обробки сигналів показники виявлення і вимірювання стрибків амплітуди сигналів є низькими. Фізичною причиною цього факту є невідповідність фіксованої смуги пропускання приймального пристрою зі спектром не всього сигналу (в цьому випадку стрибок виявити практично неможливо), а тільки сигналу зі стрибком на вузькому часовому інтервалі. Отже, смуга пропускання приймача повинна бути адаптивною і прив'язаною до часового інтервалу, який на практиці визначається на основі апріорної інформації. Якщо гіпотетична смуга пропускання пристрою є нескінченною, то швидкість його спрацювання є також нескінченною і стрибок амплітуди пропускається на вихід приймача без спотворень і одночасно пропускається вимірюваний сигнал разом з усіма типами шумів. Оскільки енергетичні характеристики стрибка можуть бути кращими, ніж для сигналу та шуму, то цей стрибок виявляється з заданими ймовірностями в залежності від багатьох факторів.

Отже, треба синтезувати оптимальний пристрій (приймач) з адаптивною смугою пропускання, що забезпечує найвищу для конкретних умов ймовірність виявлення і точність вимірювання стрибка амплітуди.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналу залежить від конкретних властивостей сигналу, а також від вимог до точності і ефективності методу.

В Україні методи виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів застосовуються в таких галузях, як: авіація (для виявлення стрибків в параметрах роботи двигунів і інших систем літака); атомна енергетика (для виявлення стрибків

в параметрах роботи ядерних реакторів); навчальні системи (для виявлення стрибків в результатах навчання учнів і студентів).

Система стохастичних диференціальних рівнянь дозволяє визначити амплітуду стрибка параметру одного випадкового процесу. Часто на практиці використовуються багатовимірні випадкові процеси, для яких описаний метод є неприйнятним.

Візуалізація багатовимірних випадкових процесів грає ключову роль у розумінні та аналізі складних даних. Використання графічних методів дозволяє виявляти патерни, кореляції та аномалії в динаміці даних. Методи візуалізації включають розподіли даних, матриці розсіювання, 3D графіки, анімації, зменшення розмірності та кластерний аналіз. Ці підходи допомагають не лише отримати інтуїтивне уявлення про дані, але й виявляти ключові взаємозв'язки в багатовимірному просторі.

Кожен метод має свої переваги і недоліки. Метод на основі порогової фільтрації є простим і ефективним, але він може бути чутливим до шуму. Метод на основі локальної дисперсії є більш точним, ніж метод на основі порогової фільтрації, але він може бути менш ефективним для сигналів з високою дисперсією. Метод на основі локальної кореляції є більш точним, ніж метод на основі локальної дисперсії, але він може бути менш ефективним для сигналів з низькою кореляцією. Метод на основі аналізу спектральної щільності потужності є ефективним для виявлення стрибків в спектрі сигналу, але він може бути менш ефективним для сигналів з вузьким спектром. Метод на основі аналізу вейвлет-спектра є більш ефективним, ніж метод на основі аналізу спектральної щільності потужності, але він може бути менш ефективним для сигналів з високим рівнем шуму.

Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналу залежить від конкретних властивостей сигналу, а також від вимог до точності і ефективності методу.

На основі вивчення та аналізу розділу ОПБНС можна зробити висновок, що організаційні заходи грають важливу роль у створенні безпечного робочого середовища для операторів ЕОМ. Висунуті пропозиції щодо подальших шляхів

розвитку охорони праці та безпеки включають постійне вдосконалення політики безпеки, регулярне оновлення програм тренінгів та вдосконалення систем комунікації для більш ефективного управління безпекою на робочому місці.

Дослідження нового методу виявлення стрибків у багатовимірних випадкових процесах в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах є важливим внеском у сферу науки та технологій. Його успішна реалізація може визначити нові стандарти для інтелектуальних систем, сприяючи їхній стабільності та ефективності в умовах постійних змін та зростаючої складності даних. Подальший розвиток цієї галузі може стати ключовим фактором для забезпечення надійності та продуктивності інтелектуальних систем у майбутньому.

КАФЕДРА МБЖД ХНАДУ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Poliarus O.V., Polyakov E.V. O., Lindner L. Determination of landmarks by the technical vision system of a mobile robot based on the detection of sharp changes in the parameters of echo signals. – 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. - Washington, DC, USA, October 21-23, 2018, pp. 3165-3170.

2. Poliarus Alexander, Polyakov Yevgeny, Sergiyenko Oleg; Tyrsa Vera, Vilmar Hernández, Nechitaylo Yulia Estimation of the azimuth of landmarks by mobile autonomous robots using one scanning antenna. Proceedings of the 28th IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2019), Vancouver, British Columbia, Canada, June 12–14, 2019, P. 1682-1687.

3. A. O. Koval MEASURING TRANSDUCER Lecture notes Approved by the methodical council of the faculty, protocol No. 1 dated September 7, 2018. Kharkiv 20184. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки УДК 681.518

4. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.1-1/11> Галь А. Ф.

5. УДК 519.2+600.1. Теорія ймовірностей і математична статистика для наукових працівників та інженерів / Горбань І.І. – Київ, 2003

6. ЗУ «Про охорону праці» (Із змінами, внесеними згідно із Законами № 196/96-ВР від 15.05.96, ВВР, 1996, № 31, ст. 145 № 783-XIV від 30.06.99, ВВР, 1999, № 34, ст.274 – редакція набирає чинності одночасно з набранням чинності Законом про Державний бюджет України на 2000 рік)

7. ДСанПіН 3.3.2.007-98

8. Horban A. et al. Basic manifolds for data visualization and dimensionality reduction, LNCSE 58, Springer, Berlin – Heidelberg – New York, 2007.

9. Bondarev A. E., Galaktionov V. A. Multidimensional analysis and visualization of data for non-stationary CFD problems // Programming and programming, 2015, Vol. 41, No. 5, P. 247-252.

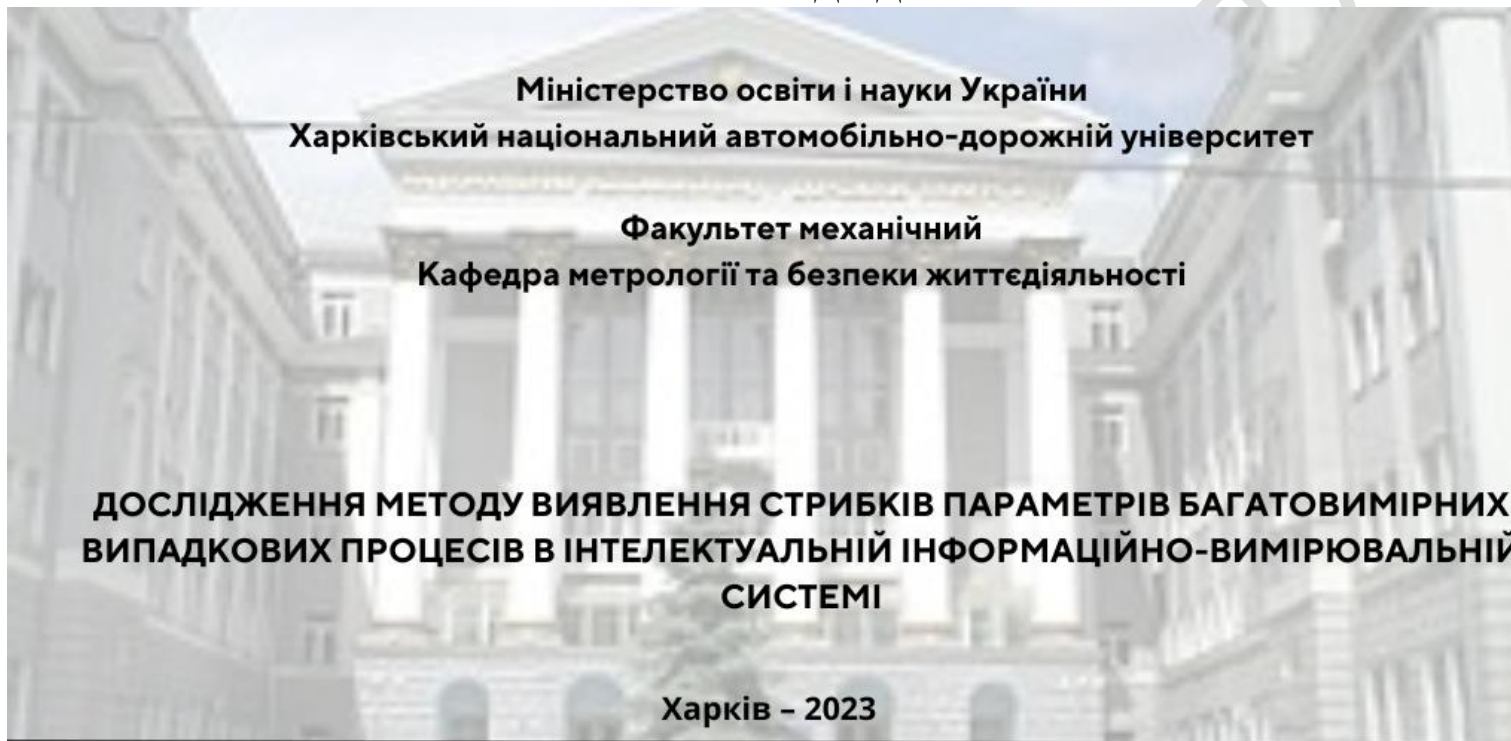
10. Bondarev A. E., Galaktionov V. A. Multidimensional analysis and visualization of data for non-stationary CFD problems // Programming and programming, 2015, Vol. 41, No. 5, P. 247-252.

11. Bondarev A. E., Bondarenko A. V., Galaktionov V. A., Klyshinsky E. S. Visual analysis of clusters for a multidimensional text data set / Scientific visualization. Vol. 8, No. 3, pp. 1-24, 2016, URL: <http://sv-journal.org/2016-3/index.php?lang=en>

12. Nydoba T. Multiparametric visualization of data with the help of principal component analysis (PCA) in the qualitative evaluation of various types of coal // Physical and chemical problems of mineral extraction. 50, 2014.

КАФЕДРА МБЖД ХНАФУ

ДОДАТОК А
ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ



Завідувач кафедри, канд. техн. наук, проф.

О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.

І. В. Грайворонська

Керівник, д-р техн. наук, проф.

О. В. Полярус

Студентка гр. ММ-61-22

О. К. Павленко


Об'єкт дослідження - стрибки основних параметрів багатовимірних випадкових процесів в ІІВС.

Предмет дослідження - новий метод виявлення стрибків основних параметрів багатовимірних випадкових процесів в ІІВС.

Основною метою дослідження є вивчення, розробка та впровадження нового методу виявлення стрибків у основних параметрах ІІВС, зокрема у декількох багатовимірних випадкових процесів. Новий метод в дипломній роботі будується на сучасних джерелах, він отримує найвищу точність та забезпечує надійність в процесі вимірювань, а все це вимагає подальшого вдосконалення технологій.

Для досягнення поставленої мети застосовано методи: візуального виявлення, визначення, статистичного моделювання, аналізу й опису даних стрибків основних параметрів реалізації декількох багатовимірних випадкових процесів в ІІВС.





Очікується, що розроблений метод сприятиме покращенню ефективності та стійкості інтелектуальних систем в умовах зростаючого обсягу інформації. Таким чином, отримані результати відкриють нові можливості для розробки та вдосконалення ІІВС, а новий метод може знайти застосування у різних галузях, включаючи наукові дослідження, промисловість, медицину та інші галузі, де важлива висока точність вимірювань та оперативна реакція на зміни.

Для того, щоб зрозуміти сутність цих процесів, побудуємо найпростіший графік з Гаусівською функцією ймовірності.

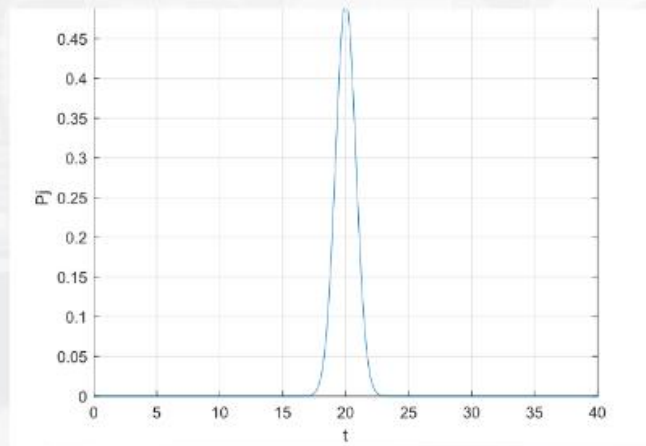


Рисунок 1 – Графік гаусівської функції ймовірності з заданими параметрами

Спробуємо змодельувати нестаціонарний процес. Щоб зі стаціонарного процесу зробити нестаціонарний, нам потрібно змінити параметри 'tj' та 'sj', зробивши їх залежними від часу.

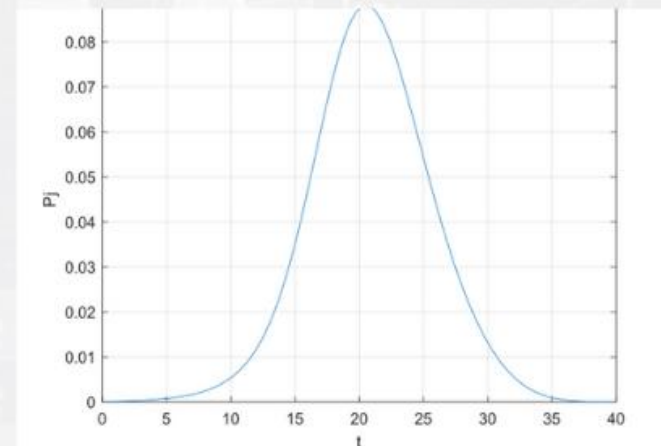
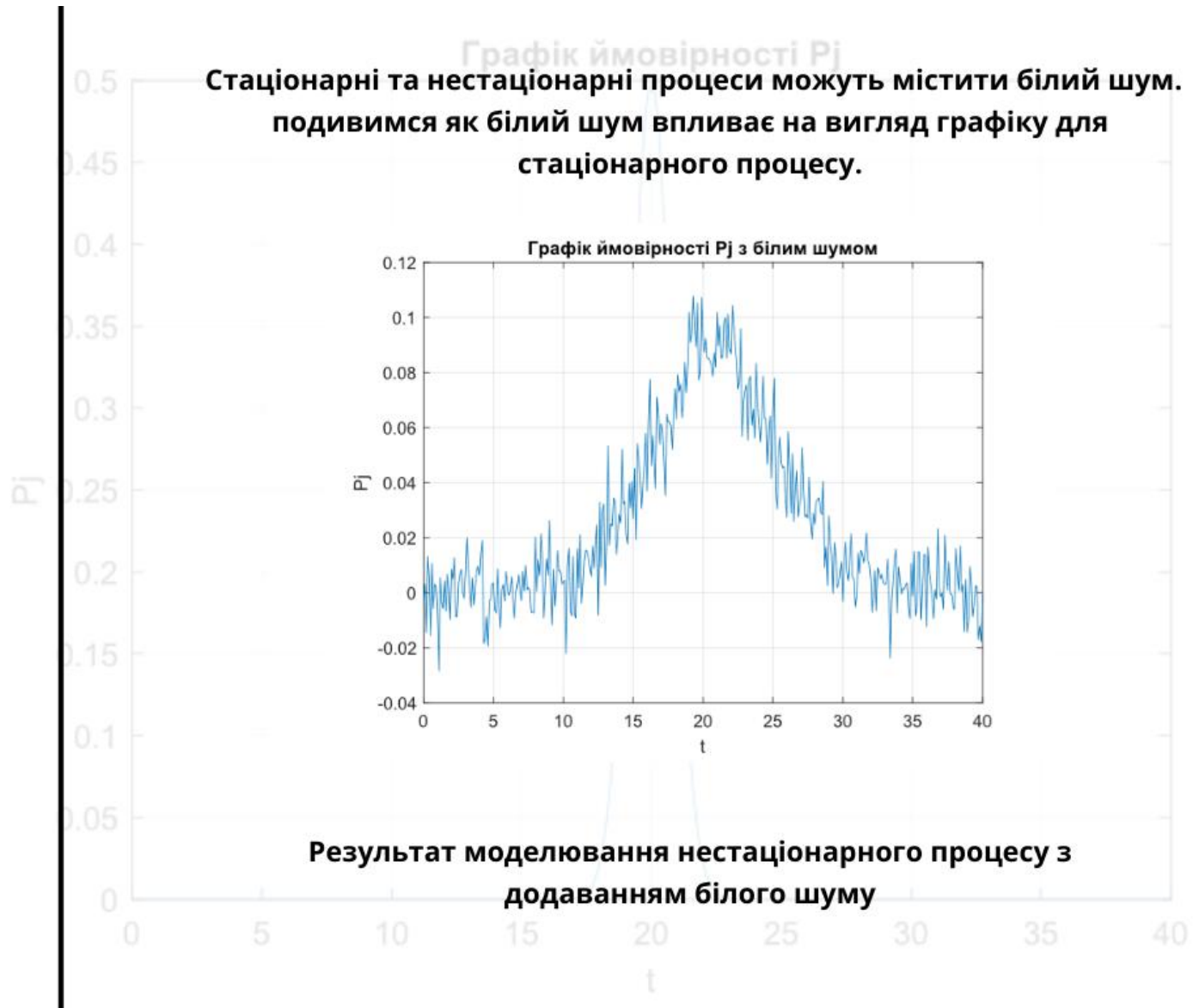
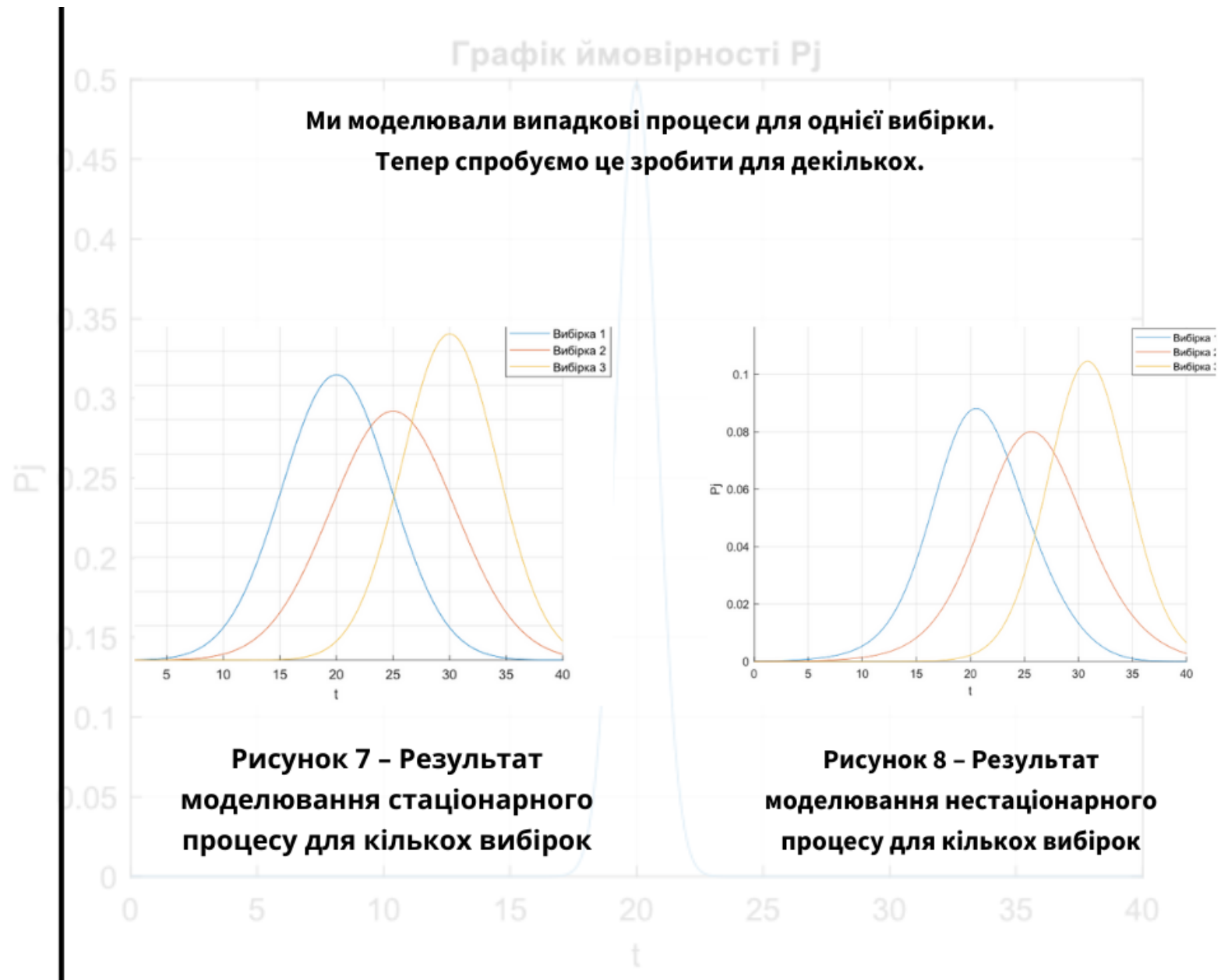


Рисунок 2 – Нестационарний процес





Графік ймовірності P_j

Ми моделювали випадкові процеси для однієї вибірки.
Тепер спробуємо це зробити для декількох.



Рисунок 7 – Результат моделювання стаціонарного процесу для кількох вибірок

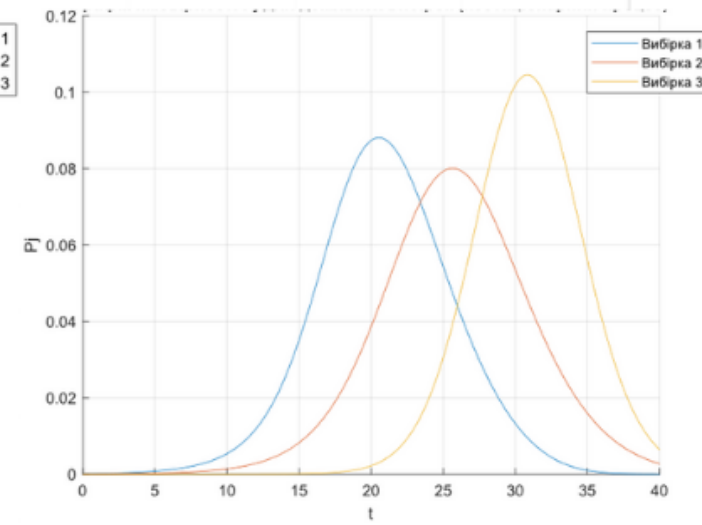


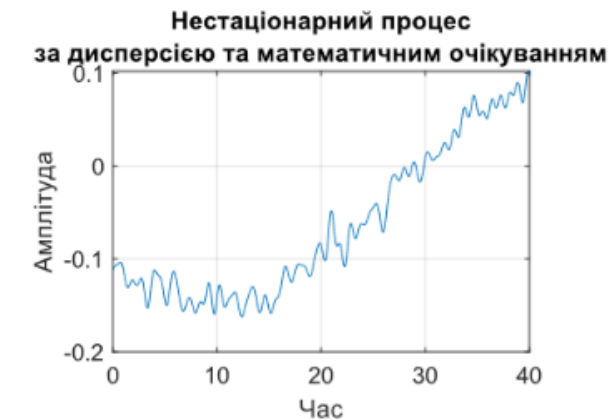
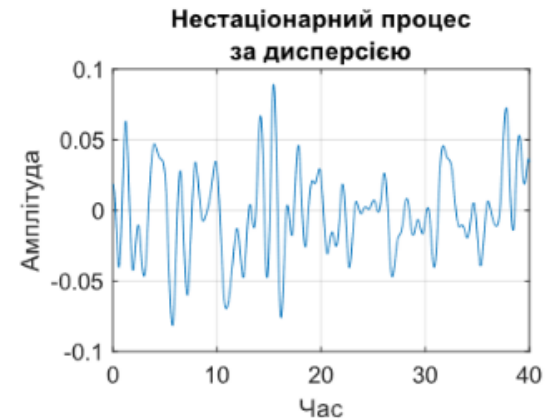
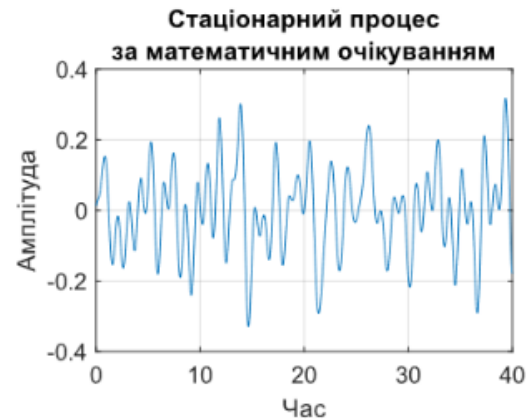
Рисунок 8 – Результат моделювання нестаціонарного процесу для кількох вибірок

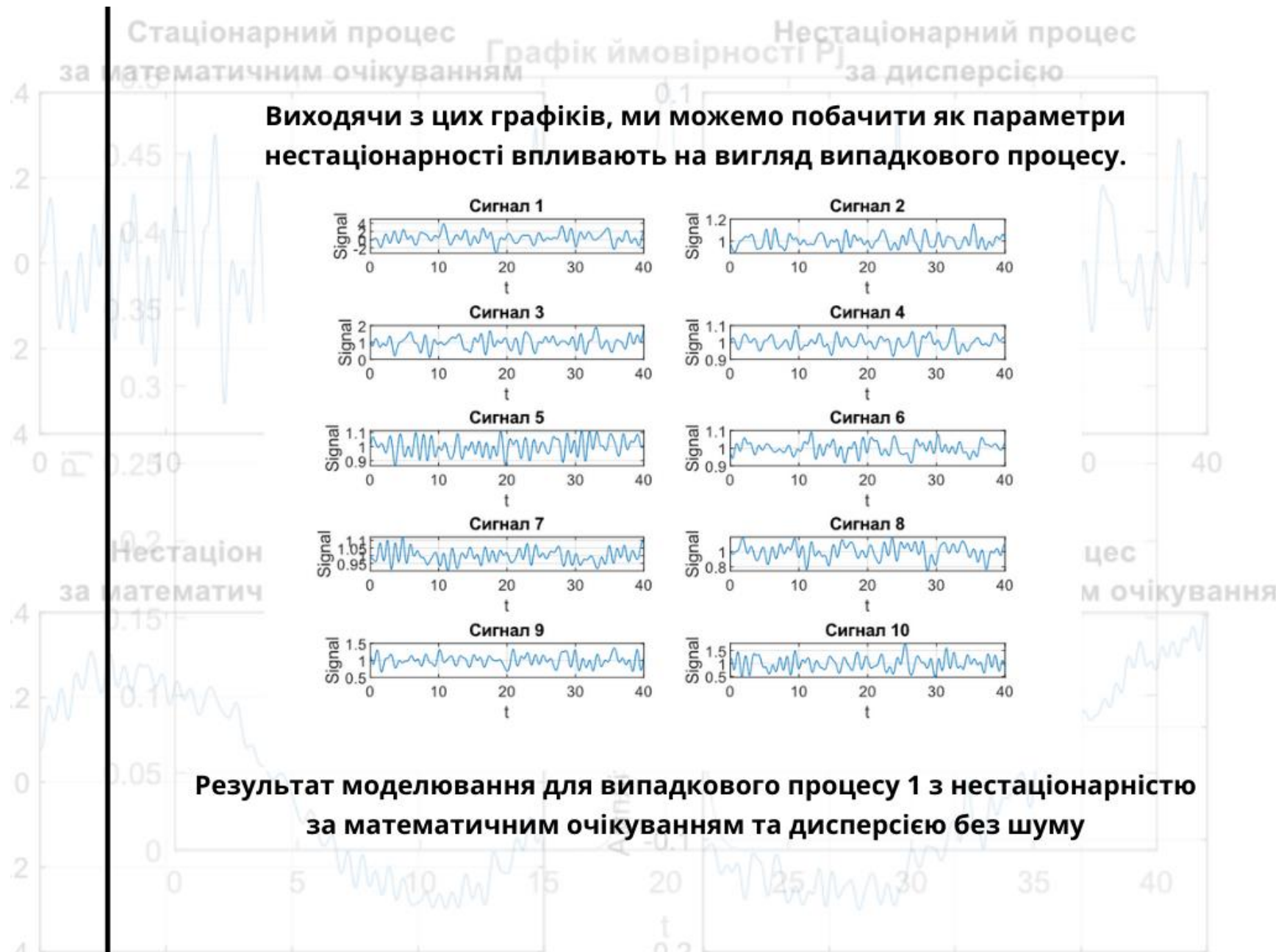
Виходячи з цих результатів моделювання можна побачити як змінюється графік стаціонарного і нестаціонарного процесів. Для нестаціонарного процесу графіки ймовірності ' P_j ' будуть варіюватись залежно від часу t для кожної вибірки.

Стационарний процес

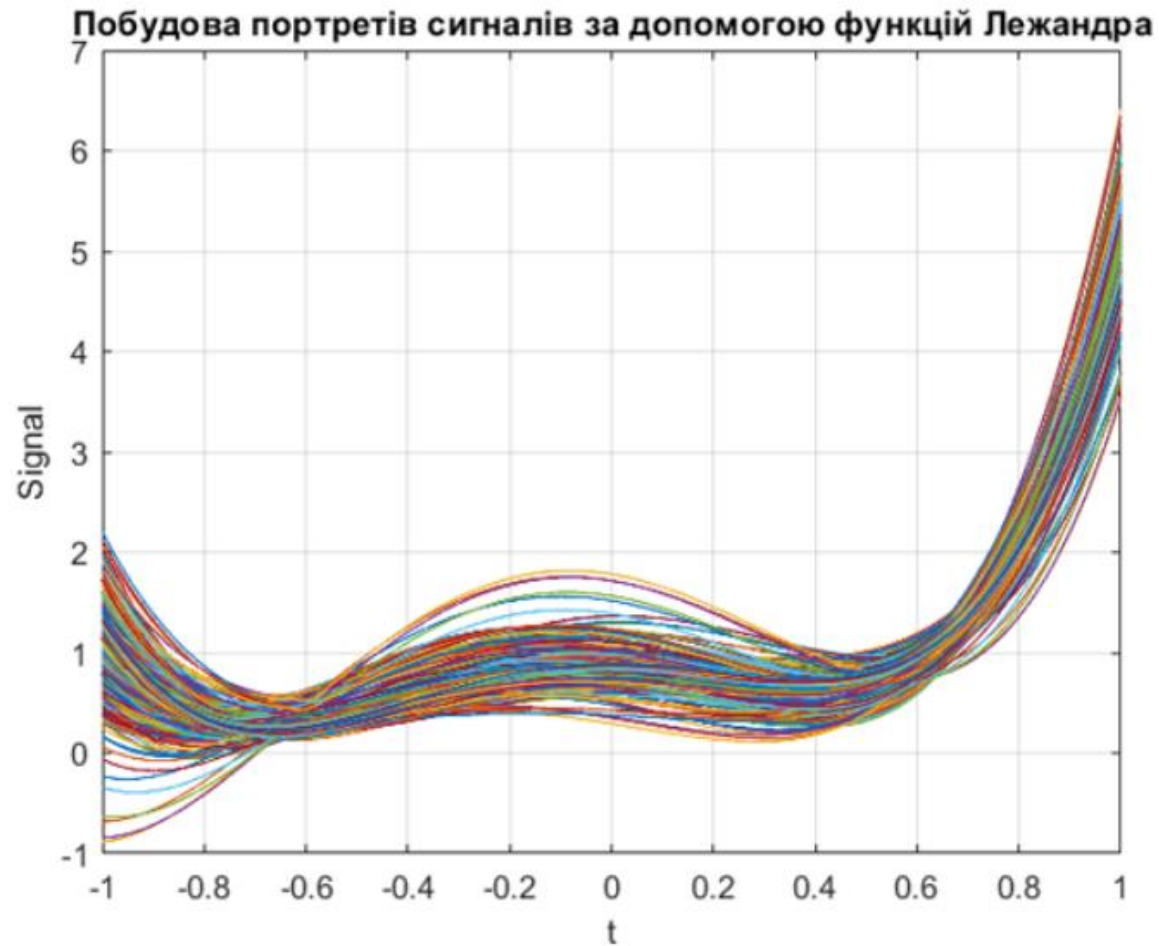
Нестационарний процес

Існуючі методи візуалізації багатовимірних випадкових процесів не завжди здатні обробляти велику кількість даних та відображати портрети цих процесів з необхідною точністю для прийняття рішень. Тому є потреба у використанні такого метода візуалізації, щоб він був універсальним для будь якої кількості вибірок і дозволяв обробляти інформацію з необхідною точністю.





Тепер побудуємо характерні зображення випадкових процесів із застосуванням портретів сигналів за допомогою функцій Лежандра.



Характеристичне зображення портрету сигналів за допомогою функції Лежандра для 1 виконання коду

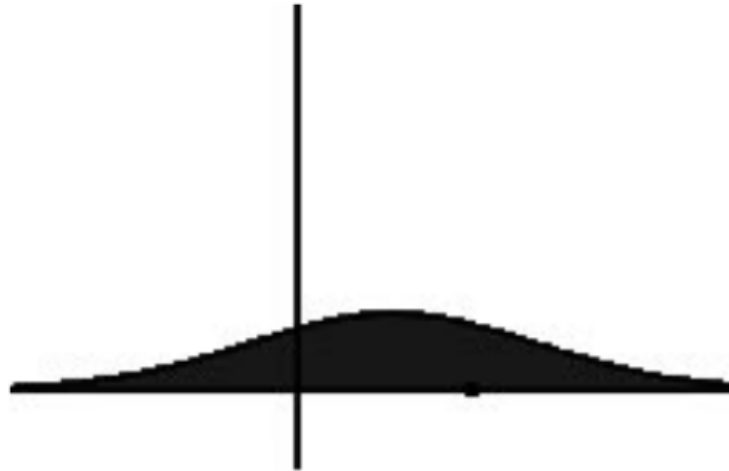
Вибір методу виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналу залежить від конкретних властивостей сигналу, а також від вимог до точності і ефективності методу.

Ось деякі приклади застосування методів виявлення і вимірювання стрибків параметрів сигналів:

- **Відстеження руху об'єктів. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в координатах об'єкта.**
 - **Декодування сигналів. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в значеннях символів сигналу.**
 - **Виявлення дефектів в технічній системі. У цьому випадку необхідно виявляти стрибки в параметрах технічного процесу.**
-

Така система синтезується на основі використання моделей сигналу, шуму і стрибків. Всі ці моделі статистичні. В основі синтезу лежить рівняння Фоккера-Планка. Отримана система чотирьох стохастичних диференціальних рівнянь, з яких можна отримати ймовірність виявлення стрибка амплітуди та його значення, дисперсію амплітуди, а також швидкість спрацювання системи, яка фактично описує закон перелаштування смуги пропускання вимірювальної системи згідно з характером змінювання стрибка.

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \left[- \sum_{i=1}^N \frac{\partial}{\partial x_i} D_i^1(x_1, \dots, x_N) + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} D_{ij}^2(x_1, \dots, x_N) \right] W,$$



Побудова портретів сигналів за допомогою функцій Лежандра

ВИСНОВОК

При аномальній роботі технічних об'єктів та машин спостерігаються стрибки параметрів сигналів. Для їх виявлення та вимірювання синтезується система стохастичних диференціальних рівнянь, яка описує оптимальну систему. Але при виявленні стрибків у багатовимірних випадкових процесах описана система є дуже складною. Тому в дипломній роботі реалізована система візуального виявлення стрибків на основі розробленого алгоритму візуалізації багатовимірних процесів. Інтелектуальна ВІС дозволяє спростити роботу з виявлення стрибків.

