

Передбачуваний винахід належить до сфери техніки гомоморфної ідентифікації та селекції джерел мовних сигналів; джерел гідроакустичних сигналів (природного та штучного походження) на основі гомоморфної обробки в системах моніторингу, контролю та охорони морських кордонів та акваторій; гомоморфної ідентифікації біомедичних сигналів (сигналів активності мозку, серця та клітин); гомоморфної обробки сигналів сейсмічного походження; гомоморфної ідентифікації джерел ультразвукових сигналів [1, 2].

Ототожнення сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових) в системах гомоморфної ідентифікації робиться шляхом перевірки статистичних критеріїв узгодження, наприклад Колмогорова, статистичних характеристик (гістограм функції розподілу або щільності розподілу ймовірності, оцінок середніх та дисперсій) дискретних значень гомоморфної функції сигналу у всьому динамічному діапазоні амплітуд і частот спектру сигналу, що ідентифікується, з відповідними статистичними характеристиками гомоморфних функцій еталонних гомоморфних функцій бази даних [2, 3].

Широко відомі способи гомоморфної ідентифікації сигналів шляхом перевірки статистичних критеріїв узгодження, наприклад Колмогорова, статистичних характеристик дискретних значень гомоморфної функції сигналу, що ідентифікується, з відповідними статистичними характеристиками гомоморфних функцій еталонних гомоморфних функцій бази даних [1, 2, 3].

Найближчим за технічною суттю виконуваних операцій перетворення сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових) і визначення статистичних характеристик значень гомоморфних функцій в діапазоні частот спектру сигналу, що ідентифікується, є спосіб-прототип, в якому в заданій послідовності виконують взаємозв'язані операції перетворення сигналу: проводять низькочастотну фільтрацію сигналу в смузі частот аналізу; розділяють сигнал на сегменти аналізу однакової тривалості, узгодженої з інтервалом кореляції сигналу; формують на кожному сегменті аналізу значення дискретних часових відліків миттєвої щільності потужності сигналу шляхом застосування стандартного аналого-цифрового перетворення з частотою дискретизації за часом, узгодженою зі смугою частот аналізу спектру, та кроком квантування за рівнем, узгодженим з динамічним діапазоном амплітуд; здійснюють стандартне логарифмічне перетворення значень миттєвої щільності потужності сигналу по всіх сегментах аналізу; формують на кожному сегменті аналізу дискретні відліки гомоморфної функції сигналу шляхом застосування стандартного дискретного перетворення Фур'є на сегментах; виділяють модульні значення дискретних відліків поточних гомоморфних функцій сигналів по сегментах аналізу; визначають статистичні характеристики (гістограми функцій розподілу або щільності розподілу ймовірностей, оцінки середніх і дисперсій) модульних значень гомоморфних функцій по всіх сегментах аналізу для кожної частоти спектру сигналу; порівнюють отримані статистичні характеристики (гістограми функцій розподілу або щільності розподілу ймовірностей, оцінки середніх і дисперсій) гомоморфної функції сигналу, що досліджується, по відомим критеріям узгодженості, наприклад Колмогорова, з відповідними статистичними характеристиками (гістограмами функцій розподілу або щільності розподілів ймовірностей, оцінками середніх і дисперсій) еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних [2, 3].

Основною причиною зниження ефективності відомих систем, що реалізують способи гомоморфної ідентифікації сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових), є те, що такі сигнали є випадковим нестаціонарним процесом зі змінною дисперсією і складною формою поточної гомоморфної функції. В результаті цього, багатовимірні функції щільності розподілу ймовірностей миттєвих модульних значень дискретних відліків поточної гомоморфної функції сигналу на сегментах аналізу не є гаусовськими та є багатомодальними, що істотно ускладнює застосування відомих статистичних критеріїв узгодження і знижує ймовірність несприятливої ідентифікації [1, 2].

В основу винаходу «Спосіб гомоморфної ідентифікації сигналів» поставлено завдання підвищення ефективності відомих систем гомоморфної ідентифікації сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових) шляхом порівняння залежностей від частоти гомоморфної функції сигналу квантилів (квartilів, децилів, процентилів) варіаційних рядів по всіх сегментах аналізу поточних абсолютних значень гомоморфної функції сигналу на сегментах з відповідними залежностями квантилів абсолютних значень гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних на основі відомих критеріїв узгодження [4].

Рішення поставленого завдання досягається тим, що в заданій способом-прототипом послідовності взаємозв'язаних операцій здійснюють перетворення сигналу, що досліджується: проводять низькочастотну фільтрацію сигналу в смузі частот аналізу; розділяють сигнал на сегменти аналізу однакової тривалості, узгодженої з інтервалом кореляції сигналу; формують на кожному сегменті аналізу значення дискретних часових відліків миттєвої щільності потужності сигналу шляхом застосування стандартного аналого-цифрового перетворення з частотою дискретизації за часом, узгодженою зі смугою частот аналізу спектру, та кроком квантування за рівнем, узгодженим з динамічним діапазоном амплітуд; здійснюють стандартне логарифмічне перетворення значень миттєвої щільності потужності сигналу по всіх сегментах аналізу; формують на кожному сегменті аналізу дискретні відліки поточної гомоморфної функції шляхом застосування стандартного дискретного перетворення Фур'є на сегментах; виділяють модульні значення дискретних відліків поточних гомоморфних функцій сигналу по сегментах аналізу; для кожної частоти гомоморфної функції сигналу формують варіаційні ряди по сегментах модульних значень дискретних відліків гомоморфної функції; для кожного варіаційного ряду абсолютних значень відліків виділяють квантилі; формують залежності виділених квантилів від дискретних значень частоти гомоморфної функції сигналу; порівнюють отримані залежності квантилів гомоморфної функції сигналу по відомим критеріям узгодженості, наприклад Колмогорова, з відповідними залежностями квантилів гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних.

На фіг. 1 наведено структурну схему пристрою гомоморфної ідентифікації сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових) шляхом порівняння залежностей квантилів варіаційних рядів абсолютних значень відліків поточної гомоморфної функції сигналу для кожної частоти гомоморфної функції з аналогічними залежностями квантилів еталонних гомоморфних функцій бази даних, який реалізує об'єкт, що заявляється - спосіб гомоморфної ідентифікації сигналів, де позначено:

- 1 - блок низькочастотної фільтрації сигналу в смузі частот аналізу;
- 2 - блок сегментації сигналу на сегменти аналізу однакової тривалості, узгодженої з інтервалом кореляції сигналу;

3 - блок аналого-цифрового перетворення сигналу з частотою дискретизації за часом, узгодженою зі смугою частот аналізу спектру, та кроком квантування за рівнем, узгодженим з динамічним діапазоном амплітуд;

4 - блок цифрового стандартного логарифмічного перетворення значень миттєвої щільності потужності сигналу по всіх сегментах аналізу сигналу, що досліджується;

5 - блок формування дискретних відліків поточної гомоморфної функції шляхом застосування стандартного дискретного перетворення Фур'є на сегментах аналізу;

6 - блок виділення абсолютних значень відліків гомоморфної функції сигналу на сегментах аналізу;

7 - блок формування варіаційних рядів виділених абсолютних значень по сегментах аналізу для кожної частоти гомоморфної функції сигналу;

8 - блок виділення квантилів варіаційних рядів абсолютних значень дискретних відліків гомоморфної функції сигналу по сегментах;

9 - блок формування залежностей квантилів від дискретних значень частоти гомоморфної функції сигналу;

10 - блок порівняння залежностей квантилів гомоморфної функції сигналу, що досліджується, та відповідних залежностей квантилів гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних;

11 - блок еталонних залежностей квантилів гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних;

12 - блок гомоморфної ідентифікації сигналу за наслідками статистичного порівняння залежностей квантилів гомоморфної функції сигналу, що досліджується, та залежностей квантилів еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних на основі відомого критерію узгодженості Колмогорова.

Вихід блоку 1 низькочастотної фільтрації сигналу в смузі частот аналізу, вхід якого є входом пристрою, через послідовно з'єднанні блок 2 сегментації сигналу на сегменти аналізу однакової тривалості, узгодженої з інтервалом кореляції сигналу, блок 3 аналого-цифрового перетворення відліків миттєвої щільності потужності сигналу з частотою дискретизації за часом, узгодженою зі смугою частот аналізу спектру, та кроком квантування за рівнем, узгодженим із динамічним діапазоном амплітуд на кожному сегменті аналізу, блок 4 цифрового стандартного логарифмічного перетворення значень миттєвої щільності потужності сигналу по всіх сегментах аналізу, блок 5 формування дискретних відліків поточної гомоморфної функції, шляхом застосування стандартного дискретного перетворення Фур'є на сегментах аналізу, блок 6 виділення абсолютних значень дискретних відліків гомоморфної функції сигналу на сегментах аналізу, блок 7 формування варіаційних рядів виділених абсолютних значень по сегментах аналізу для кожної частоти гомоморфної функції сигналу, блок 8 виділення квантилів варіаційних рядів абсолютних значень гомоморфної функції по сегментах аналізу, блок 9 формування залежностей квантилів від дискретних значень частоти гомоморфної функції сигналу підключений до першого входу блоку 10 порівняння залежностей квантилів гомоморфної функції сигналу і відповідних залежностей квантилів еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних, до другого входу якого підключений вихід блоку 11 еталонних залежностей квантилів гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних, а вихід підключений до входу блоку 12 гомоморфної ідентифікації сигналу за наслідками статистичного порівняння різниць відповідних залежностей на основі критерію узгодженості Колмогорова, вихід якого є виходом пристрою гомоморфної ідентифікації сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових) в цілому.

З виходу блоку 1 фільтрації нижніх частот в смузі частот аналізу сигнал поступає на вхід блоку 2 сегментації сигналу на сегменти аналізу однакової тривалості, узгодженої з інтервалом кореляції сигналу, з виходу блоку 2 сигнал по сегментах подається на вхід блоку 3 аналого-цифрового перетворення з частотою дискретизації за часом, узгодженою зі смугою частот аналізу спектру, та кроком квантування за рівнем, узгодженим з динамічним діапазоном амплітуд сигналу на кожному сегменті аналізу. Сигнал, що досліджується, в цифровому вигляді з виходу блоку 3 подається на вхід блоку 4 цифрового стандартного логарифмічного перетворення значень миттєвої щільності потужності сигналу на сегментах аналізу; значення кожного сегменту сигналу з виходу блоку 4 поступають на вхід блоку 5 формування дискретних відліків поточної гомоморфної функції, з виходу блоку 5 дискретний сигнал подається до входу блоку 6 виділення абсолютних значень дискретних відліків поточної гомоморфної функції сигналу на сегментах аналізу. З виходу блоку 6 сигнал у вигляді залежностей дискретних значень гомоморфної функції по сегментах аналізу подається на вхід блоку 7 формування варіаційних рядів по сегментах аналізу для кожної частоти гомоморфної функції сигналу, що досліджується, а з виходу блоку 7 впорядковані по зростанню значення залежностей гомоморфної функції у вигляді варіаційних рядів надходять на вхід блоку 8 виділення квантилів сформованих варіаційних рядів абсолютних значень дискретних відліків поточної гомоморфної функції по сегментах як порядкових статистик вибіркового розподілу ймовірностей абсолютних значень дискретних відліків поточної гомоморфної функції для кожної частоти гомоморфної функції сигналу. Виділені значення квантилів з виходу блоку 8 поступають на вхід блоку 9 формування залежностей квантилів гомоморфної функції від частоти гомоморфної функції сигналу по кожному сегменту аналізу, з виходу якого сигнал, у вигляді залежностей квантилів від частоти гомоморфної функції, подається на перший вхід блоку 10 порівняння залежностей квантилів гомоморфної функції сигналу та відповідних залежностей квантилів гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних, що поступають на його другий вхід з виходу блоку 11 еталонних залежностей квантилів гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних. Вихідний сигнал блоку 10 у вигляді різниць залежностей квантилів сигналу та відповідних залежностей квантилів гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних подається на вхід блоку 12 гомоморфної ідентифікації сигналу за наслідками статистичного аналізу різниць залежностей квантилів гомоморфної функції сигналу, що ідентифікується, та відповідних залежностей квантилів гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних на основі відомого критерію узгодженості Колмогорова. Вихід блоку 12 є виходом пристрою гомоморфної ідентифікації сигналів в цілому.

На фіг. 2 наведена залежність квантилів поточної гомоморфної функції еталонного сигналу № 1 на прикладі мовного сигналу бази даних, на фіг. 3 наведена залежність квантилів поточної гомоморфної функції еталонного сигналу № 2 на прикладі мовного сигналу, відмінного від еталонного сигналу № 1, бази даних. На фіг. 4 наведена залежність квантилів гомоморфної функції сигналу № 3 на прикладі мовного сигналу, джерело якого ідентифікується. Зіставлення різниць наведених залежностей квантилів гомоморфної функції від дискретних

значень частоти поточної гомоморфної функції мовного сигналу та еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних вказує на належність мовного сигналу, що ідентифікується, достовірно встановленому джерелу сигналу № 1, залежність квантилів поточної гомоморфної функції еталонного сигналу № 1 зображено на фіг. 2. Використання більш інформативних залежностей квантилів (децилів та процентилів) дозволяє підвищити ймовірність вірної ідентифікації сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових).

У зв'язку з тим, що квантилі варіаційних рядів абсолютних значень дискретних відліків поточних гомоморфних функцій сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових) по сегментах, як порядкові статистики вибіркового розподілу ймовірностей абсолютних значень дискретних відліків поточних гомоморфних функцій для кожної частоти дискретної гомоморфної функції сигналу розподіляються по нормальному закону незалежно від негаусовського характеру багатовимірних функцій розподілу вибірових значень спектру сигналів, що досліджуються (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових), істотно підвищується ефективність застосування критерію узгодженості Колмогорова, орієнтованого на статистичну ідентифікацію нормально розподілених випадкових величин що, зрештою, підвищує ймовірність вірної ідентифікації сигналу.

Комплексне використання перерахованих відмітних особливостей та пов'язаних з ними позитивних ефектів дозволяють забезпечити підвищення ефективності гомоморфної ідентифікації сигналів (мовних, гідроакустичних, біомедичних, сейсмічних, ультразвукових) шляхом порівняння залежностей квантилів (квантилів, децилів, процентилів) варіаційних рядів гомоморфної функції від дискретних значень частоти поточної гомоморфної функції по всіх сегментах аналізу сигналу, що ідентифікується, з відповідними залежностями квантилів від цих же значень частоти гомоморфних функцій еталонних (зразкових, типових) реалізацій гомоморфних функцій бази даних на основі відомих критеріїв узгодженості.

Джерела інформації:

1. Рабинер Л.Р. Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов: Пер. с англ. / Под ред. М.В. Назарова и Ю.Н. Прохорова. - М.: Радио и связь, 1981. - 495 с., ил.
2. Стивен В. Смит. Научно - техническое руководство по цифровой обработке сигналов, 2-е издание: Пер. с англ. / Под ред. В.Н. Покровский и В.И. Силантьев. - С.П.: "АВТЕКС", 2001. - 395 с., ил.
3. Zilovic M.S. Ramachandran P.R. Mammone R.J. Speaker identification based on the use of robust cepstral feature obtained from pole-zero transfer function. IEEE Trans. Speech Audio Processing. 1995.
4. Дейвуд Дж. Порядковые статистики: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 540 с., ил.

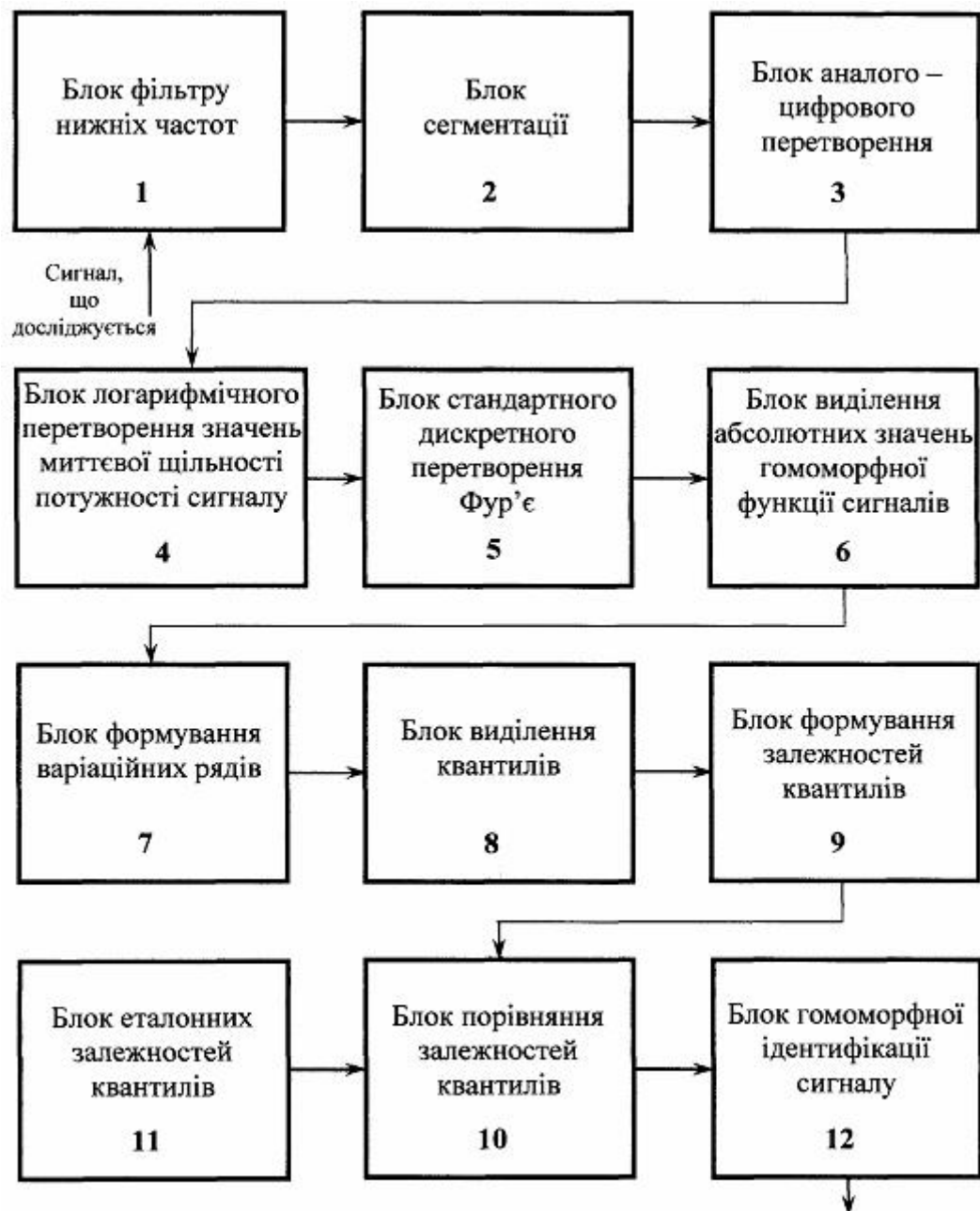


Fig. 1

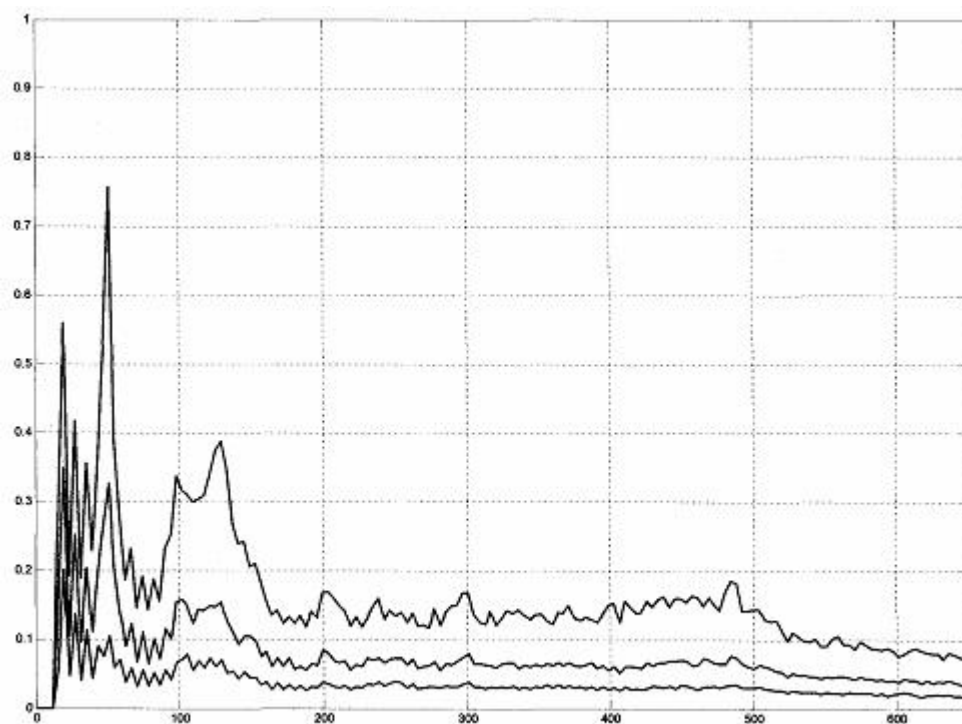


Fig. 2

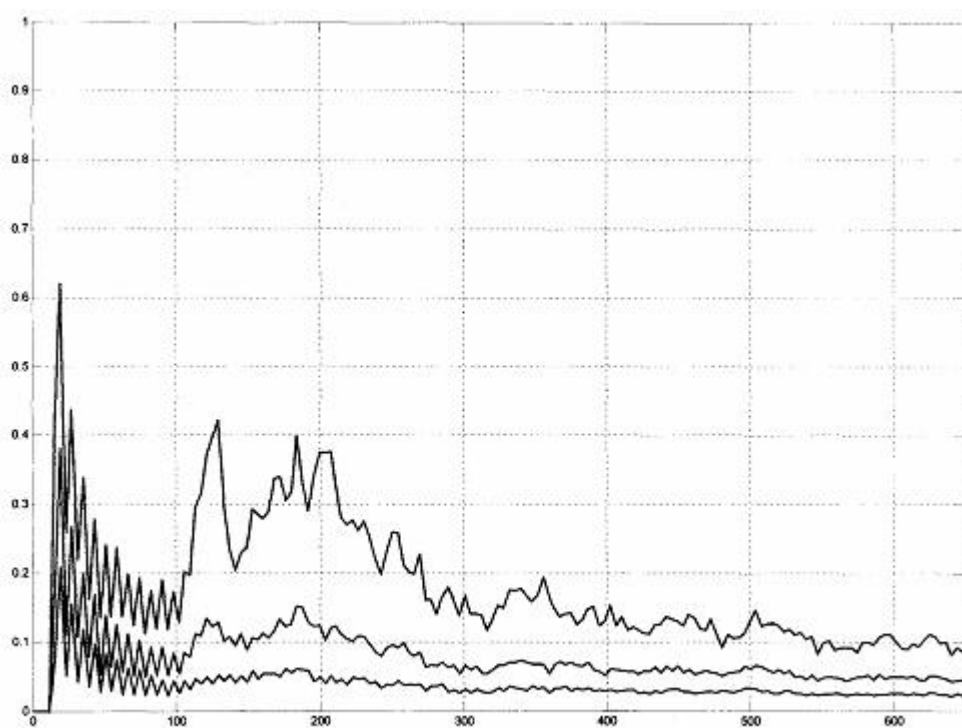


Fig. 3

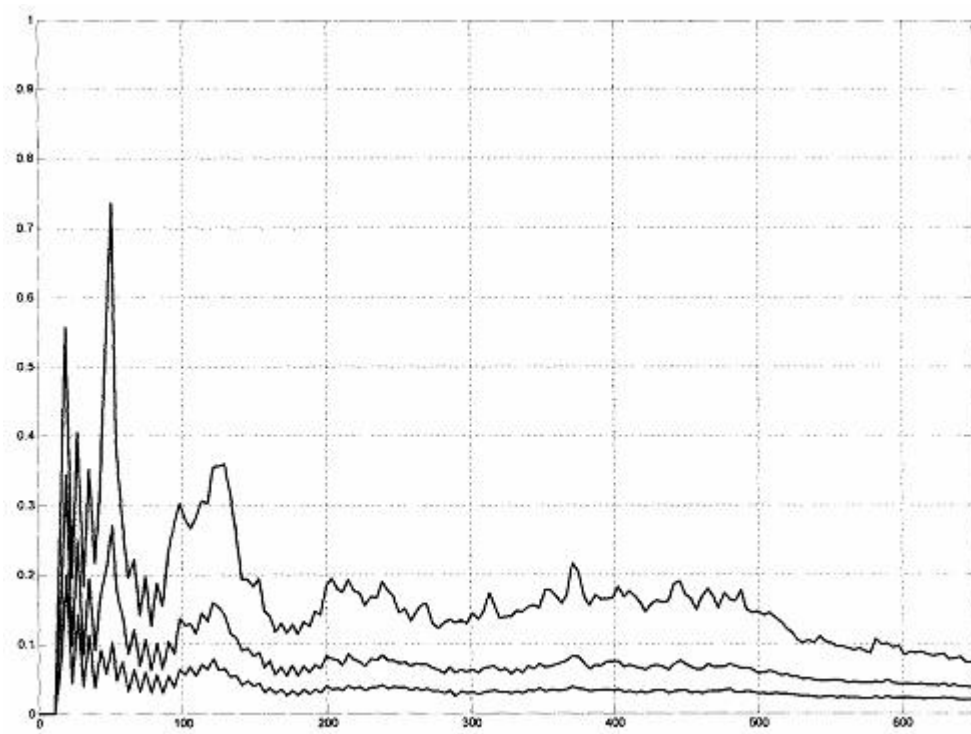


Fig. 4