

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
І ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**Ворощак Володимир Орестович**

УДК 621.391.7: 681.518.5

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ  
ЦИФРОВОЇ УЗГОДЖЕНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ**

123 «Комп'ютерна інженерія»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2018

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент кафедри біотехнічних систем  
**Лецишин Юрій Зіновійович**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

**Рецензент:** кандидат технічних наук, старший викладач кафедри комп'ютерних наук  
**Назаревич Олег Богданович,**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Захист відбудеться 20 лютого 2018 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №34 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд. 1-603

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Побудова інформаційно-пошукових і експертних медичних систем обробки інформації для виявлення захворювань на ранніх стадіях потребують застосування інтелектуальних інформаційних методів та технологій опрацювання складних сигналів. Зокрема методи виявлення сигналів, що мають складну структуру пов'язану із випадковими подіями, що відбуваються із досліджуваним об'єктом є важливою задачею в багатьох областях медицини. Так електроенцефалограма (ЕЕГ) є одним з найскладніших медичних сигналів, яка використовується для визначення нормального або патологічного функціонування мозку. ЕЕГ може дати реальну картину (патологічної) електричної діяльності мозку на ранніх стадіях розвитку хвороби, зокрема, епілепсії, коли інші методи ще не знаходять патологій у будові мозкових тканин. За ЕЕГ робиться висновок про наявність епілепсії за присутності у ній складних сигналів – елементів епілептиформної активності: гострих хвиль, спайків, комплексів “спайк-хвиля”, “гостра хвиля-повільна хвиля”.

Застосування інформаційних технологій для найбільш складної задачі — знаходження епілептиформних коливань на фоні нормальної ЕЕГ, коли вони проявляються на тлі фонові активності потребує побудови методів та перевірки їх ефективності шляхом моделювання.

Одним з відомих методів виявлення складних сигналів із відомими параметрами є узгоджена фільтрація. Для побудови узгодженого фільтру необхідно отримати статистику складних сигналів, що уможливить визначення та моделювання імпульсної характеристики фільтру. Імпульсна характеристика узгодженого фільтру визначається формою і структурою складного сигналу, а його АЧХ пропорційна амплітудному спектру сигналу. На виході узгодженого фільтру отримуватимемо амплітудні піки що відповідають появі події, для ЕЕГ це поява комплексів “спайк-хвиля”. Використовуючи багатоканальний узгоджений фільтр для всіх каналів ЕЕГ лікар отримує інформацію про локалізацію патологічних ділянок у будові мозкових тканин.

Побудова і моделювання цифрового узгодженого фільтру для виявлення складних сигналів типу “спайк-хвиля” уможливорює побудову інформаційної системи діагностування епілепсії на ранніх стадіях.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є побудова і моделювання цифрового узгодженого фільтру для автоматичного виявлення складних сигналів комплексів “спайк-хвиля”, для побудови інформаційної системи діагностування епілепсії на ранніх стадіях.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- аналізувати відомі методи опрацювання складних сигналів, для вибору напряму дослідження;
- розробити математичну складних сигналів, що уможливить побудову методу узгодженої фільтрації;
- побудувати метод узгодженої фільтрації складних сигналів для виявлення комплексів “спайк-хвиля”;

— побудувати алгоритм та програмне забезпечення для тестування методу узгодженої фільтрації складних сигналів та оцінювання достовірності виявлення комплексів “спайк-хвиля”.

*Об’єкт дослідження* — процес виявлення складних сигналів методом узгодженої фільтрації.

*Предмет дослідження* — метод узгодженої фільтрації складних сигналів.

**Методи дослідження** базуються на положеннях:

— статистичної радіотехніки для побудови методів узгодженої складних сигналів;

— статистичної теорії вибору рішень для побудови критерію виявлення складних сигналів та оцінювання достовірності прийнятого рішення.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Вперше отримано характеристики достовірності виявлення складних сигналів, для випадку виявлення комплексів “спайк-хвиля” ЕЕГ сигналу методом узгодженої фільтрації, що уможлиблює порівняння різних методів виявлення складних сигналів.

2. Набуло подальшого розвитку використання критерію Неймана-Пірсона, шляхом його адаптації до задачі виявлення складних сигналів, що уможливило побудову методу узгодженої фільтрації ЕЕГ сигналу для виявлення комплексів “спайк-хвиля”.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в наступному: розроблений метод узгодженої фільтрації складних сигналів ЕЕГ для автоматичного виявлення комплексів “спайк-хвиля” необхідно використовувати в інформаційних системах діагностування, а узгоджений фільтр придатний для безпосереднього використання в IoT пристроях.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідалися на VI міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль (2017р.).

**Структура роботи.** Дипломна робота складається із вступу, семи розділів, висновку, викладених 103 сторінках, списку використаних джерел з 18 назв на 2 сторінках, додатків на 4 сторінках, загальний обсяг роботи становить 109 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об’єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів дипломної роботи на науково-технічній конференції.

1. **У першому розділі** «Методи виявлення складних сигналів» проведено огляд методів відбору складних сигналів на прикладі ЕЕГ та методів виявлення епілептиформних феноменів (комплексів “спайк-хвиля”). Виявлено що, висновок про наявність епілепсії робиться шляхом аналізу електроенцефалограми, за присутності у ній елементів епілептиформної

активності: гострих хвиль, спайків, комплексів “спайк-хвиля”, гостра хвиля - повільна хвиля. Комплекс “спайк-хвиля” визначається за допомогою різних методів аналізу складних сигналів, зокрема, методом узгодженої фільтрації.

**У другому розділі** «Побудова методу узгодженої фільтрації для виявлення складних сигналів» побудовано математичну модель складних сигналів, що враховує появу комплексу “спайк-хвиля”, та на її базі побудовано метод узгодженої фільтрації, що уможлиблює виявлення комплексу “спайк-хвиля”. Метод узгодженої фільтрації дозволяє одержати на виході фільтра максимальне відношення пікового значення сигналу до середньоквадратичного значення шуму, яке не залежить від форми сигналу, що уможлиблює виявлення комплексу “спайк-хвиля”.

**У третьому розділі** «Побудова узгодженого фільтра для виявлення складних сигналів» побудовано узгоджений КІХ- фільтр для виявлення складних сигналів, зокрема комплексів “спайк-хвиля”. КІХ- фільтри можуть мати точну лінійну фазову характеристику та їх дуже просто реалізувати, як апаратними так і програмними засобами для випадку складних сигналів типу комплексу “спайк-хвиля”. Розроблено алгоритм виявлення комплексу “спайк-хвиля” із використанням узгодженого фільтра, його реалізовано засобами Signal Processing Toolbox в MATLAB.

**У четвертому розділі** «Тестування методу узгодженої фільтрації для виявлення складних сигналів» проведено моделювання узгодженого фільтра для виявлення комплексу “спайк-хвиля” у складних сигналах, вибір та генерування сигналів для тестування методу узгодженої фільтрації для виявлення комплексу “спайк-хвиля”. Також протестовано метод узгодженої фільтрації для виявлення комплексу “спайк-хвиля”, визначено його характеристики достовірності виявлення.

**У п'ятому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 65839,8 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,661 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

**У шостому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлено питання охорони праці при роботі з електроенцефалографом. У підрозділі безпека життєдіяльності розглянуто дії населення при надзвичайних ситуаціях природного характеру.

**У сьомому розділі** «Екологія» проаналізовано вплив на людину електромагнітного забруднення довкілля, шляхи та методи його зменшення. Також розглянуто кореляційний аналіз зв'язків в екології, його результати та особливості застосування.

**У додатках** до дипломної роботи наведено текст програми отриманої засобами MATLAB 2009b для комп'ютерного імітаційного моделювання узгодженого фільтра. Також додано опубліковані тези конференцій.

## **ВИСНОВКИ**

Аналіз складних сигналів є важливою медичною та технічною задачею, що уможливорює розроблення інформаційно-пошукових і експертних медичних систем обробки інформації для виявлення захворювань на ранніх стадіях. В кваліфікаційній роботі магістра розроблено математичну модель складних сигналів та метод узгодженої фільтрації для опрацювання ЕЕГ сигналу та автоматичного виявлення комплексів “спайк-хвиля”, для побудови системи діагностування епілепсії на ранніх стадіях.

1. Розроблено математичну модель складних сигналів, шляхом врахування появи комплексу “спайк-хвиля”, що уможливило побудову методу узгодженої фільтрації для його виявлення.

2. Розроблено метод узгодженої фільтрації для виявлення комплексу “спайк-хвиля”, шляхом побудови узгодженого фільтра та використання статистичного критерію Неймана - Пірсона, що уможливорює достовірне виявлення комплексу “спайк-хвиля”.

3. Для виявлення комплексу “спайк-хвиля” в складних сигналах розроблено узгоджений фільтр із скінченною імпульсною характеристикою, оскільки такі фільтри мають лінійну фазову характеристику та їх дуже просто реалізувати, як апаратними так і програмними засобами, зокрема засобами Signal Processing Toolbox в MATLAB.

4. За побудованими характеристиками достовірності виявлення комплексу “спайк-хвиля” робимо висновок, що достовірності для випадку тестового сигналу (суми комплексу “спайк-хвиля” та білого шуму) є кращими. Оскільки для достовірного виявлення необхідно менше відношення сигнал-шум. За побудованими характеристиками достовірності виявлення комплексу “спайк-хвиля” для тестового сигналу ЕЕС (канал с3) необхідно більше відношення сигнал-шум, оскільки ЕЕС має складну структуру з багатьма ритмами.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Лещишин Ю.З. Побудова і моделювання цифрового узгодженого фільтру для виявлення складних сигналів / Ю.З. Лещишин, В.О. Ворощак, // Актуальні задачі сучасних технологій Молодих учених та студентів, 16-17 листопада 2017 року – Т.: ТНТУ, 2017 – Том 2. – С. 203.

## **АНОТАЦІЯ**

Тема дипломної роботи: «Моделі та методи виявлення складних сигналів на основі цифрової узгодженої фільтрації» // Дипломна робота // Ворощак Володимир Орестович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, група СІм-61 // Тернопіль, 2018 // с. – 118, рис. – 31, табл. - 10, аркушів А1 - 10, додат. – 4, бібліогр. – 27.

Ключові слова: інформаційно-пошукова система, узгоджений фільтр, складний сигнал, виявлення, електроенцефалограма, КІХ-фільтр.

Дипломну роботу магістра присвячено розробленню моделей та методів виявлення складних сигналів на основі цифрової узгодженої фільтрації для

опрацювання ЕЕГ сигналу, для побудови інформаційно-пошукових і експертних медичних систем діагностування захворювань на ранніх стадіях.

Розроблено модель складного сигналу та метод його узгодженої фільтрації на прикладі ЕЕГ сигналу для виявлення комплексів «спайк-хвиля». Метод виявлення розроблено на основі методу узгодженої фільтрації та критерію Неймана-Пірсона. Розроблено узгоджений фільтр, що за структурою відповідає КІХ-фільтру. Розраховано характеристики достовірності виявлення складних сигналів, що уможливило визначення достовірності розробленого методу узгодженої фільтрації.

Розроблений узгоджений КІХ-фільтр реалізовано засобами Matlab.

#### **ANNOTATION**

The theme of the thesis: «Models and methods of complex signals detection based on digital matched filtering» // Master thesis // Voroshchak Volodymyr Orestovych // Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and software engineering, group CIm – 61 // Ternopil, 2018// p. – 118, fig. – 31, tab. – 10, Sheets A1 – 10, Add. – 4, Ref. – 27.

Key words: information retrieval system, matched filter, compound signal, detection, electroencephalogram, FIR-filter.

The master thesis is devoted to the development of models and methods for detecting compound signals based on digital matched filtration for the processing of the EEG signal, for the construction of information retrieval and expert medical systems for diagnosis of diseases in the early stages.

The compound signal model and the method of its matched filtration on the example of the EEG signal for the detection of "spike-wave" complexes are developed. The method of detection is based on the matched filtration method and the Neumann-Pearson criterion. A matched filter is developed that corresponds to the FIR-filter according to the structure. The characteristics of reliability of detection of complex signals were calculated, which made it possible to determine the reliability of the developed method of matched filtration.

The developed matched FIR filter is implemented by means of Matlab.