

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

**ШЕВЧУК ЄВГЕН ЮРІЙОВИЧ**

УДК 621.391.7:612.78

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБЛЕННЯ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ  
КОРЕКЦІЇ ВИМОВИ ЛЮДИНИ**

8.05090204 «Біомедичні та медичні апарати та системи»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2017

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор, професор кафедри біотехнічних систем  
**Ткачук Роман Андрійович**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор, професор кафедри радіотехнічних систем  
**Пастух Олег Анатолійович**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Захист відбудеться 23 лютого 2017 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28ч, навчальний корпус №9, ауд. 507

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** За даними Міністерства охорони здоров'я України та Всесвітньої організації охорони здоров'я щорічно спостерігається тенденція до зростання кількості людей із захворюваннями органів голосового апарату. Тому важливим завданням сучасної медицини є завчасна діагностика патологічних змін у голосовому апараті на ранніх етапах їх виникнення та розвитку.

Збільшення кількості людей, які страждають порушеннями слуху і мовлення, зумовлено бурхливим розвитком електронних засобів масової інформації, відеоігор, які негативно впливають на незміцнілу нервову систему людини.

Будь-які розлади мови негативно впливають на психічний стан особи, що їх має, проте, найважливішим для вирішення цієї проблеми є вивчення типології мовного розладу, причини його появи, а також можливого поєднання порушень мови з іншими супутніми захворюваннями нервової системи. Так, на фоні порушень слуху, частота яких досягає від 0,65- до 6% у працездатного населення в промислово розвинутих країнах, у тому числі в Україні, 1-2% з них є вродженими, мовні порушення можуть мати особливо складний характер. Ускладнення виникають внаслідок того, що при зниженні слуху з'являються проблеми з розумінням мови, зокрема, спостерігається утруднення при диференціації свистячих і шиплячих звуків, дзвінких та глухих приголосних, але погіршують стан хворого, утруднюючи при цьому процес його психічної і соціальної реабілітації, неврози і неврозоподібні розлади, що виникають через депривацію слуху, а також вторинні порушення мови.

У хворих з різними формами порушення слуху реєструються наступні форми неврозів: депресивний невроз (3% дітей, 21% дорослих); неврастенія (4% дітей, 8% дорослих); істеричний невроз (3% випадків у дорослих); невроз страху (11% у дітей, 3% у дорослих); невроз нав'язливих станів (3% у підлітків і дорослих); іпохондричний невроз (5% дорослих). Різні неврозоподібні стани діагностуються у 55-60% дорослих і 75-80% дітей.

Людина, що страждає розладом слуху, при спілкуванні може компенсувати свою ваду в процесі одержання інформації, зчитуючи з губ співрозмовника слова. Але така людина не може контролювати параметри власної мови. Ця обставина перешкоджає взаємодії індивіда з суспільством, що часто стає причиною психічних розладів. Обмеженість спілкування при мовних розладах неминуче впливає на формування особистості дитини і може послабити специфіку емоційно-вольової сфери, сприяти розвитку негативних компонентів у структурі характеру: сором'язливості, нерішучості, замкнутості, негативізму, почуття неповноцінності. Подібні особливості психічного складу дитини негативно відображаються на процесі оволодіння грамотою, на успішності в цілому, а надалі і на одержанні професійної кваліфікації.

Особливої уваги потребують ті вікові групи, у яких скрутне становище, зумовлене мовними розладами, перехреснується з проблемою фізіологічних змін. До цієї категорії, в першу чергу, мають бути зараховані підлітки, оскільки

вплив ендокринної системи на ЦНС в пубертатний період стикається через обмеженість спілкування, з передчуттям фатальності стосовно непорозумінь у міжстатевих стосунках.

Підлітковий вік — це стадія онтогенетичного розвитку, що характеризується якісними змінами, пов'язаними зі статевим дозріванням і входженням у доросле життя.

Мова підлітків, навіть поза патологією розвитку, сповільнюється, процес утворення умовних зв'язків на словесний сигнал утруднений, що свідчить, ймовірно, про послаблення вищого функціонального рівня коркової діяльності. Різкі порушення вегетативних функцій, серцебиття, судинні розлади є показниками посилення підкоркових впливів і послаблення тону кори головного мозку. Це також проявляється й у підвищеній емоційності, яка частіше спостерігається у дівчаток.

Ця проблема має бути вирішена за допомогою фахівців, які діють у галузі розробки методів фізичної, психічної і соціальної реабілітації цієї категорії населення. Проблеми подібного роду мають міждисциплінарний статус, оскільки, багато дослідників прийшли до висновку, що робота одного фахівця в сфері корекції мови є малоефективною і вона повинна здійснюватися групою співробітників, що може включати невролога, логопеда, психолога, педагога та інших висококваліфікованих працівників, що мають безпосереднє відношення до сфери реабілітації.

Патологічні зміни органів голосового апарату призводять до порушень в їх роботі. Це знаходить своє виразне відображення в голосових сигналах - сонорних, що пояснюється специфікою їх творення, і, як наслідок, призводить до появи в них шумової складової та наближення цих звуків до класу фрикативних шумових. Своєчасна діагностика дає змогу виявити зміни функціонального стану органів голосового апарату шляхом належного опрацювання голосових сигналів і провести профілактичні заходи або вибрати курс лікування. Для об'єктивної діагностики в медицині застосовують опосередковані методи, що створюються на основі системно-сигнальної концепції, відповідно до якої голосовий сигнал трактується як фізичний процес, що поширюється від досліджуваного об'єкта і є засобом перенесення відомостей про цей об'єкт. Ефективність функціонування діагностичної системи вирішальною мірою визначається математичною моделлю сигналу, що лежить в її основі, та повинна містити у своїй структурі інформативну ознаку зміни в роботі голосового апарату. Вона необхідна для обґрунтування алгоритмів вимірювання й опрацювання характеристик голосових сигналів.

Наведені аргументи вказують на актуальність обґрунтування вибору математичної моделі звуків та розроблення методу аналізу їх для автоматизованих комп'ютерних діагностичних систем, зорієнтованих на задачу проведення ранньої діагностики функціонального стану голосового апарату людини шляхом запровадження нового класу інформативних ознак, базуючись на моделі ритміки, яка є далекосяжним узагальненням коливання, у вигляді періодично корельованого випадкового процесу.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є розроблення методу узгодженої фільтрації для опрацювання мовного сигналу та автоматичного

виявлення звуку [r], для побудови системи діагностування відхилення у вимові на ранніх стадіях.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- аналізувати відомі методи опрацювання мовного сигналу та виявлення звуку [r], для вибору напряму дослідження;
- розробити математичну модель мовного сигналу у вигляді адитивної суміші білого шуму та звуку [r], що уможливить побудову методу узгодженої фільтрації для виявлення звуку [r];
- побудувати метод узгодженої фільтрації для виявлення звуку [r];
- побудувати алгоритм та програмне забезпечення для тестування методу узгодженої фільтрації та оцінювання достовірності виявлення звуку [r].

*Об'єкт дослідження* — процес виявлення звуку [r] методом узгодженої фільтрації мовного сигналу.

*Предмет дослідження* — метод узгодженої фільтрації мовного сигналу для виявлення звуку [r].

**Методи дослідження** базуються на положеннях:

- статистичної радіотехніки для побудови методів узгодженої фільтрації мовного сигналу для виявлення звуку [r];
- статистичної теорії вибору рішень для побудови критерію виявлення звуку [r] та оцінювання достовірності прийнятого рішення.

**Наукова новизна** одержаних результатів.

1. Вперше отримано характеристики достовірності виявлення звуку [r] методом узгодженої фільтрації мовного сигналу, що уможливлює порівняння різних методів виявлення звуків.

2. Набуло подальшого розвитку використання критерію Неймана-Пірсона, шляхом його адаптації до задачі виявлення звуку [r], що уможливило побудову методу узгодженої фільтрації мовного сигналу для виявлення звуку [r].

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в наступному: розроблений метод узгодженої фільтрації мовного сигналу для автоматичного виявлення звуку [r] можливо використовувати для виявлення відхилень у вимові людини.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідалися на конференції «Актуальні задачі сучасних технологій Молодих учених та студентів», (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016)

**Структура роботи.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених 110 сторінках, списку використаних джерел з 19 назв на 2 сторінках, додатків на 3 сторінках, загальний обсяг роботи становить 113 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.

**У першому розділі** «Аналіз існуючих методів і засобів оброблення голосових сигналів людини» проаналізовано формування голосового сигналу та вплив голосової апаратури на їх утворення, а також вплив на них патологій голосового апарату. Розглянуто методи опрацювання голосових сигналів, програмні та апаратні засоби корекції вимови.

1. Було виявлено що серед інших звуків, найчастіше зустрічається патологія вимови звуку [r];

2. Звук [r] має найменшу кількість формант;

3. Розпізнавання патологій звуку [r] потребує застосування методів опрацювання голосових сигналів, зокрема виявлення звуку [r].

4. Програмні і апаратні засоби корекції вимови людини базуються на методах опрацювання голосових сигналів та прийнятті рішення – виявлення та розпізнавання патологій звуковимови.

**У другому розділі** «Побудова методу узгодженої фільтрації» розроблено метод узгодженої фільтрації для виявлення звуку [r], що уможливорює побудову узгодженого фільтра.

Побудовано метод виявлення звуку [r], що базується на статистичному критерії Неймана - Пірсона, що уможливорює достовірне виявлення звуку [r].

Узгоджений фільтр дозволяє одержати на виході максимальне відношення пікового значення сигналу до середньоквадратичного значення шуму, яке не залежить від форми сигналу, що уможливорює виявлення звуку [r].

Якщо необхідна форма сигналу обрана і для нього узгоджений фільтр все-таки не реалізований, то використовують такий із практично реалізованих фільтрів, що забезпечує найбільше відношення сигнал-шум на виході.

**У третьому розділі** «Побудова узгодженого фільтра» розглянуто основні принципи КІХ-фільтрів, їхні характеристики, та прийнято рішення що для виявлення звуку [r] в мовному сигналі слід використовувати фільтри із скінченною імпульсною характеристикою, оскільки такі фільтри можуть мати точну лінійну фазову характеристику та їх дуже просто реалізувати як апаратними так і програмними засобами, зокрема засобами Signal Processing Toolbox в MATLAB.

Розроблено алгоритм виявлення звуку [r] з мовного сигналу із використанням узгодженого фільтра.

**У четвертому розділі** «Тестування методу узгодженої фільтрації» здійснено тестування КІХ-фільтра для виділення звуку [r] по чергово з білого шуму, та з мовного сигналу. За побудованими характеристиками достовірності виявлення звуку [r] зробимо висновок, що достовірності для випадку тестового сигналу (суми звуку [r] та білого шуму) є кращими. Оскільки для достовірного виявлення необхідно менше відношення сигнал-шум.

**В п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення медико-біологічних досліджень при реєстрації мовного сигналу та проведено аналіз характеристик мікрофона МД-78А.

**У шостому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 41803,06 грн., а кількісна оцінка

науково-технічної ефективності науково-дослідної роботи, яка здійснювалася експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначалася як середньоарифметичне, складає 0,673 від максимального числа 1. Рекомендації по результатах виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

**У сьомому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлено питання правильної організації робочого місця інженера дослідника, зокрема встановлює основні вимоги гігієнічного нормування на робочому місці. Розглянуто охорону праці при використанні електрообладнання, що сприяє уникненню небезпечних та надзвичайних ситуацій. У підрозділі безпека життєдіяльності розглянуто причини електротравм та дії при ураженні електричним струмом та надання першої допомоги, а також дії для запобігання електротравм.

**У восьмому розділі** «Екологія» проаналізовано охорону навколишнього середовища при шумових забрудненнях, зокрема розглянуто інженерно-технічний підхід до організації охорони довкілля. Розглянуто технічні аспекти захисту навколишнього середовища від шумового забруднення, відповідно до екологічних тенденцій розвитку суспільства. Також у розділі описано методи заходи для боротьби із шумовим забруднення довкілля.

**У додатках** до дипломної роботи наведено текст програми у пакеті прикладних програм MATLAB 2009b для комп'ютерного імітаційного моделювання та опрацювання мовного сигналу.

## **ВИСНОВКИ**

Виявлення відхилень в вимові є важливою медичною задачею, що уможлиблює діагностування багатьох хвороб вимови. В дипломній роботі розроблено метод узгодженої фільтрації для опрацювання мовного сигналу та автоматичного виявлення звуку [r], для побудови системи діагностування патологій вимови.

1. Розроблено математичну модель мовного сигналу у вигляді адитивної суміші білого шуму та звуку [r], що уможливило побудову методу узгодженої фільтрації для його виявлення.

2. Розроблено метод узгодженої фільтрації для виявлення звуку [r], шляхом побудови узгодженого фільтра та використання статистичного критерію Неймана - Пірсона, що уможлиблює достовірне виявлення звуку [r].

3. Для виявлення звуку [r] в мовному сигналі 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 звуку [r] робимо висновок, що достовірності для випадку тестового сигналу (суми звуку [r] та білого шуму) є кращими. Оскільки для достовірного виявлення необхідно менше відношення сигнал-шум. За побудованими характеристиками достовірності виявлення звуку [r] для тестового сигналу мови необхідно більше відношення сигнал-шум, оскільки мовний сигнал має складну структуру з багатьма частотами.

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

1. Шевчук Є.Ю. Побудова узгодженого фільтру для виявлення сонорного приголосного звуку [r] / Є.Ю. Шевчук, Ю.З. Лецишин // Актуальні задачі сучасних технологій Молодих учених та студентів, 17-18 листопада 2016 року – Т.: ТНТУ, 2016 – Том 2. – С. 63.

### **АНОТАЦІЯ**

Шевчук Євген Юрійович. Метод узгодженої фільтрації для опрацювання мовного сигналу.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05090204 – Біотехнічні та медичні апарати та системи, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, група РМм-61, Тернопіль, 2017.

Дипломну роботу магістра присвячено розробленню методу узгодженої фільтрації для опрацювання мовного сигналу та автоматичного виявлення звуку [r], для побудови системи корекції вимови.

Розроблено метод узгодженої фільтрації для виявлення звуку [r], шляхом використання критерію Неймана- Пірсона та його адаптації до задачі виявлення звуку [r]. Розроблено узгоджений КІХ-фільтр, що має лінійну фазочастотну характеристику і є стійким до самозбудження. Отримано характеристики достовірності виявлення звуку [r], що уможливило визначення достовірності розробленого методу узгодженої фільтрації.

Розроблений узгоджений КІХ-фільтр та метод виявлення звуку [r] реалізовано засобами Matlab.

Ключові слова: мовний сигнал, звук [r], узгоджений фільтр, виявлення, виявлення звуку [r], КІХ- фільтр.

### **ANNOTATION**

Shevchuk Yevhen. The method of matched filtering for signal processing verbal signal. - Manuscript.

Master's Work, specializing 8.05090204 - Bioengineering and Medical Devices and Systems, Ivan Pul'uj Ternopil State Technical University, Faculty of measurement and control and radio and computer systems, Department of Biotechnical Systems, a group RMm-61, Ternopil, 2017.

Master's Work is devoted to developing methods for matched filtering verbal signal processing and automatic detection systems, sound [r] to build a system of pronunciation correction.

Designed the method of matched filtering for detection systems sound [r] by using the Neumann-Pearson criterion and its adaptation to the problem of detecting sound [r]. Designed a matched FIR filter that has a linear phase frequency characteristic and is resistant to self. Received characteristics of the reliability of detection systems sound [r], that allowed determination of the reliability of the developed method matched filtration.

Designed matched FIR filter and method of detection systems, sound [r] is realized by means of Matlab.

Keywords: verbal signal, sound [r], matched filter, detection, FIR filter.