

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Світловського Євгенія Володимировича
за темою

**«Оброблення, запис та передавання засобами IoT мовного аудіосигналу
з дефектами»,**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
за спеціальністю 171 «Електроніка»

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню підходів обробки і передачі мовного сигналу з дефектами засобами IoT та можливістю додавання додаткової інформації на основі методу найменшого біта.

На сьогодні використання електронних засобів оброблення, передавання та запису аудіо сигналів поширено у багатьох прикладних інформаційних галузях та напрямках. До них відносяться і технології передачі речей з використанням Інтернету. При цьому виду передачі звукових мовних даних має бути забезпечена відповідна її якість, а насамперед розбірливість сигналу, що містить мовлення. Тут мають бути розроблені та використані інструменти, які дозволяють програмними або апаратними засобами зменшувати рівень шумового забруднення мовних даних. Ще однією особливістю щодо використання існуючих електронних аудіо систем може стати не підтримка ними голосового інтерфейсу української мовою з її фонетичною різноманітністю. Сучасні методи обробки орієнтовані переважно на іноземні мови і не мають на жаль якісних адаптацій для української мови. У підсумку при розробленні пристроїв IoT це може стати причиною некоректної обробки, неправильної інтерпретації команд або контексту повідомлення. Враховуючи ці обставини, проблема розроблення сучасних систем, здатних ефективно опрацьовувати, додавати і вилучати контекстну інформацію з записаного української мовою сигналу з наявними дефектами та шумовим забрудненням є актуальною на сьогодні.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Мета та задачі дослідження. Метою даної роботи є розроблення алгоритму зменшення шумового забруднення мовного сигналу з дефектами, який записано українською мовою, та створення об'єднаного практичного підходу з процедури розпізнавання мовлення з аудіо сигналу і додавання до нього додаткової прихованої інформації методом менш значущого біта.

Об'єктом дослідження є мовні аудіосигнали, які записано українською мовою з дефектами в IoT-середовищі.

Предметом дослідження є методи та засоби підвищення якості обробки українськомовних сигналів з дефектами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити **наступні завдання**:

1. Визначити основні недоліки існуючих засобів обробки мовного аудіо файлу з дефектами. Розглянути особливості, щодо забезпечення якісного запису аудіо сигналів на основі вибору пристроїв.
2. Розробити для зменшення шумового забруднення мовного сигналу українською мовою з наявними дефектами, програмний алгоритм в середовищі мови об'єктно-орієнтованого програмування Python, який має визначатись окремими послідовними етапами з ознаками циклічності.
3. Визначити основні принципи кодування текстової інформації за форматами UTF-8 та ASCII та перспективи використання методу LSB для додавання додаткової прихованої інформації в аудіо сигнал. Перевірити запропонований алгоритм додавання прихованої інформації в аудіо сигнал на предмет його практичної доцільності.

Методи дослідження. Для виконання поставленої мети і вирішення поставлених завдань використано методику кодування UTF-8 для бінарного перетворення мови. Автор використав методи запису сигналів, бібліотеки розпізнавання, методи корегування та представлення сигналів у необхідній формі, використав стеганографічний метод LSB, засоби адаптивної обробки та передачі сигналів методами Інтернету речей (IoT). Достовірність отриманих результатів підтверджена експериментальними дослідженнями. Для покращення якості та очищення файлу від шумів застосовано ряд програмних інструментів обробки сигналів, принцип функціонування котрих визначаються в літературі на основі математичних співвідношень. Тут використані методи швидкого перетворення Фур'є, статистичного аналізу та спектральної ентропії.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше досліджено та запропоновано алгоритм обробки аудіофайлу українською мовою в умовах зашумлення, який складається з окремих етапів, та є адаптованим до роботи в середовищі IoT;
- уточнено алгоритм обробки мовного сигналу, який записано українською мовою, на основі аналізу частотної характеристики з урахуванням особливостей визначення фундаментальної частоти;
- вперше розроблено алгоритм подвійної обробки аудіо сигналу з вмістом вимовлених слів українською мовою, який дозволяє реалізувати один з способів приховування потрібної інформації в структурі аудіофайлу зі збереженням якості та без, практично, незмінності енергетичного вмісту останнього.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці алгоритму обробки та очищення аудіосигналів від шумів, кодування тексту та передачі супутньої інформації методом менш значущого біта. Розроблені методи та алгоритми дозволяють ефективно видаляти шуми з мовних аудіо сигналів записаних українською мовою, підвищуючи їх якість та розбірливість, що є критичним для надійного спілкування та передавання інформації в IoT-системах. Розроблені автором підходи до очищення аудіо сигналів від шумів та передачі супутньої інформації інтегруються в єдине рішення, що відповідає сучасним вимогам до якості та безпеки передачі даних в IoT-середовищі.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Світловського Є. В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 «Електроніка» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Електроніка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Електроніка».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Світловського Євгенія Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків, списку літератури та додатку. Робота містить 28 рисунків та 2 таблиці. Загальний обсяг дисертації складає 146 сторінок.

У вступі визначено актуальність роботи, мету та завдання дослідження.

Перший розділ дисертації містить перелік недоліків існуючих рішень щодо обробки мовних аудіо сигналів в умовах зашумлення засобами IoT. Додатково наведено основні чинники, які слід враховувати при проведенні якісного запису мовної інформації. Зазначено вимоги щодо вибору приміщень для проведення процедур запису мовних аудіосигналів. Виділено моменти, які сприяють покращенню розбірливості мовлення та зниженню впливу фізичних і електронних шумів. Розглянуті особливості, щодо забезпечення якісного запису аудіо сигналів на основі вибору пристроїв. Взагалі описані дес'ять видів факторів, що впливають на процедуру якісного запису звукового сигналу.

У *другому розділі* наведені дані, які описують підготовчі етапи до проведення частотного аналізу мовного сигналу. Вибір оптимального розміру фрейму, перекриття фреймів і застосування віконних функцій є ключовими аспектами, що впливають на якість частотного аналізу. Використання цих підходів дозволяє ефективно обробляти аудіосигнали для різних додатків, включаючи розпізнавання мовлення, музичне продюсування та звуковий дизайн. Автором зазначено про базові процедури підготовки: розбиття сигналу на сегменти, ідентифікація максимумів та аналіз формант, аналіз фундаментальної частоти, тощо.

В *третьому розділі* роботи наведено основні принципи кодування текстової інформації за форматами UTF-8 та ASCII та визначено основні етапи розпізнавання мовних сигналів.

Четвертий розділ роботи містить дані щодо визначення направленості мікрофону для проведення експерименту та показано варіант алгоритму обробки звукового фрагменту з дефектами. Для експерименту обраний мікрофон з чутливістю, що дає змогу фіксувати навіть найтонші звукові нюанси. Це важливо для дослідження фонетичних особливостей української мови, таких як свистячі та шиплячі приголосні, що вимагають точної передачі високих частот. Додатково розглянуто пристрої та методи передачі інформації для реалізації розробленого алгоритму в середовищі Інтернету речей в умовах обмежених обчислювальних ресурсів. Бажано, щоб результатом розробок автора були не тільки алгоритми, а й запатентовані системи та обладнання для роботи зі звуком в середовищі IoT пристроїв.

У *п'ятому розділі* роботи наведено опис практичного експерименту з підвищення якості та зниження рівня шумового забруднення записаного мовного сигналу українською мовою з наявними технічними дефектами. Зокрема, створено на основі однієї з мови програмування алгоритм з елементами циклічності, де визначено окремі послідовні етапи обробки сигналу з урахуванням фундаментальної частоти, динамічних та частотних характеристик, рівня шумового забруднення. Досліджено основні підходи до зниження рівня шуму в сигналі, та контролю динамічної і частотної складової сигналу. Автор урахував, що українська мова має багату фонетичну структуру, зокрема в ній є велика кількість шиплячих і свистячих приголосних ([с], [ш], [з], [ж]), які відіграють важливу роль у чіткості мовлення. Ці звуки проявляються у високочастотному діапазоні. Це діапазон 1-4 кГц, де знаходяться більшість фонем української мови. Автор визначив, що для кожного кадру сигналу визначається частота з максимальною амплітудою, що потенційно відповідає фундаментальній частоті. Обираються лише ті частоти, які знаходяться в діапазоні від 50 Гц до 500 Гц, що характерно для чоловічих і

жіночих голосів. На основі отриманих експериментальних результатів визначено підходи оброблення аудіосигналів, які адаптовано для роботи з українською фонетичною групою.

У шостому розділі наведено алгоритм визначення та кодування тексту з метою додавання необхідної прихованої інформації в аудіофайл. Так, на основі відкритої бібліотеки розпізнавання, вилучено з записаного сигналу текстові дані, і після їх корегування та представлення у необхідній формі, додано за допомогою стеганографічного методу LSB до вмісту аудіосигналу. Автор показав, що модифікований аудіосигнал практично не змінив свої часові та частотні характеристики у порівнянні з початковим сигналом.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Робота викладена на високому науково-технічному рівні з використанням стандартної термінології, яка прийнята в галузі електроніки, засобів Інтернету речей та прикладних систем акустики.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Усі результати, наведені у дисертаційній роботі і винесені на захист, отримано за активної участі здобувача та опубліковано у спеціалізованих фахових виданнях.

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

До недоліків роботи слід віднести:

1. У розділі «Методи дослідження» краще додати: «Тут використані методи швидкого перетворення Фур'є, статистичного аналізу та спектральної ентропії».
2. при написанні тексту розділа 2 автору треба було ширше використати фрази у такій постановці: 1) не «дозволяє» ефективно обробляти аудіосигналами, а «дозволило...», 2) не що «дозволяє» розглянути локальні властивості сигналу, а що «дозволило» розглянути і зробити частотний аналіз більш точним і ефективним. Таке перетворення фраз

дозволило б зробити текст розділу 2 не як оглядовий, а як той, що використовується автором для викладання особистої методики.

3. Хотілося б, щоб розділи 2 і 3 містили знання про кодування саме слів українською мовою.
4. У підписувальних підписах рисунків 4.1, 4.3, 4.5 треба було б додати, саме які слова українською мовою записані наведеними сигналами.
5. Запобігається об'єднати розділи 2, 3 і 5 в один розділ.
6. У автора відсутні патенти на корисні моделі і винаходи.
7. Опис операцій з сигналами, що наведений у розділі 5, бажано оформити як елементи послідовної технології з покращення сигналу.
8. На сторінці 33 дисертації у другій формулі зверху не розкрито значення коефіцієнта «к», що входить у формулу.
9. На сторінці 33 у поясненні третьої формули зверху сторінки краще написати так: «частоти, на яких амплітуда піка за модулем зменшується до половини свого максимального значення».
10. На сторінці 34 у формулі для обчислення амплітуд спектральних компонент не визначена суть величини, що позначена N .
11. На сторінках 54 та 56 в тексті дисертації пропущені розділові знаки між реченнями, які починаються з червоного рядка (точка?).
12. В пункті 5.2 дисертації автор говорить про застосування послідовності методів обробки сигналів і тут доцільно було б далі до їх опису в тексті роботи перелічити ці методи окремо. Це на мій погляд покращує сприйняття практичної частини дисертації.
13. На сторінці 34 роботи у розділі, де визначено класичні підходи до оцінки шуму бажано було б навести яке саме звукове обладнання для оброблення сигналів може бути джерелом низькочастотних шумів.
14. При розрахунку ємності конденсатора, який входить до схеми фільтра нижніх частот, доцільно було б дотримуватись однакової термінології, що визначених параметрів у співвідношенні. Так, не зрозуміло чи мають однаковий фізичний зміст такі параметри: частота пропускання, бажаний зріз.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Світловського Євгенія Володимировича на тему «Оброблення, запис та

передавання засобами IoT мовного аудіосигналу з дефектами» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «Електроніка та телекомунікації». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Світловський Євгеній Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 171 «Електроніка».

Офіційний опонент:

Професор кафедри механотроніки,
Дніпровський національний
університет імені Олеся Гончара
д.т.н., професор,

Відмінник освіти України



/ Галина СОКОЛ

М.П.

« 27 » _____ 05 _____ 2025 року

