

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

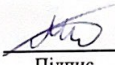
Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів
Назва теми


КвРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ
Шифр


Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Шифр, назва

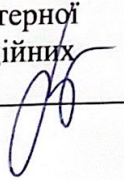
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2-19-2  О. О. Марчук
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник  М. В. Федула
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер  С.М. Лисенко
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем 

Т.О. Говорущенко
Підпис Ініціали, прізвище

« 9 » червня 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“11” 01 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Марчуку Олександр Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів

Керівник проекту (роботи) М. В. Федула д.т.н., проф.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 1.03.2023 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Дослідження предметної області та постановка задачі


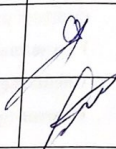
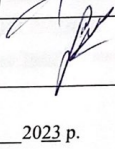
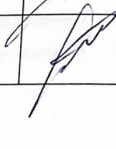
Моделювання та проєктування програмно апаратного засобу для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Рисунки із спектрограмами вхідного звукового сигналу та осцилограмами вихідного сигналу.

Блок-схема MatLab

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	20.02.2023	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.03.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	10.03.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – опис засобів розробки та організація програмно-технічного засобу	01.04.2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – Принципи та особливості функціонування розроблених програмних засобів	20.04.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	24.05.2023	виконано
7	Попередній захист ВКР	25.05.2023	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент


Підпис

О. О. Марчук
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

М. В. Федула
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програма голосових сигналів в умовах дії шумів».

Автор роботи: Марчук Олександр Олександрович

Керівник роботи: Федула Микола Васильович

Пояснювальна записка: 55 с., 30 рис., 30 табл.


Графічна частина: 9 презентаційних слайдів

Блок схема з застосуванням Mat Lab, Спектральний аналіз

Метою роботи є розробка програмного забезпечення

голосових команд в умовах дії шумів.

У цій роботі розроблена система автоматичного розпізнавання голосу. Система конвертації голосу в зображення. Розроблена система керування командою. Розроблена система виводу інформації на екран. Розроблена система виводу інформації на екран.


Підпис студента

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів».

Автор роботи: Марчук Олександр Олександрович.

Керівник роботи: Федула Микола Васильович.

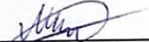
Пояснювальна записка: 55 с., 30 рис., 30 джерел.

Графічна частина: 9 презентаційних слайдів.

Блок схема з застосунку Mat Lab, Спектрограма, діаграма з осцилографу.

Метою роботи є розробка програмно-апаратного засобу для обробки голосових команд в умовах дії шумів.

У цій роботі розроблена система автоматичного запису голосу. Розроблена система конвертації голосу в зображення. Розроблена система розпізнавання голосу на зображення. Розроблена система обробки голосу та розпізнавання команди. Розроблена система виводу інформації на діаграму осцилографу. Розроблена система виводу інформації на спектрограму.


Підпис студента

8.06.2023
Дата

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	4
ВСТУП	5
1 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ГОЛОСОВИХ КОМАНД	7
1.1 Класифікація існуючих комп'ютерних систем	7
1.1.1 Класифікація за способом розподілу обчислень	7
1.1.2 Класифікація за обсягом обробки даних	9
1.1.3 Класифікація за типом обробки даних	10
1.1.4 Класифікація за архітектурою	10
1.2. Підходи до рішення задачі розпізнавання мови.	11
1.2.1. Статистичні моделі	11
1.2.2. Нейронні мережі	12
1.2.3. Гібридні системи	16
1.3 Висновки. Постановка задачі	16
2 ОПИС ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ	21
2.1 Опис засобів розробки	21
2.2. Організація програмних засобів	35
2.3 Висновок	40
3 ПРИНЦИПИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ	43
3.1 Виділення ознак голосового сигналу та розпізнавання	43
3.2 Особливості функціонування розробленого апаратно-програмного засобу .	46
3.3 Виділення ознак голосового сигналу та розпізнавання	54
ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	60
Додаток А Копія креслення «Логічні схеми алгоритмів»	65

КвРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ				
Зм.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата
Виконав	Марчук О.О.		<i>[Signature]</i>	
Перевір.	Федула М.В.		<i>[Signature]</i>	08.06.20
Н.контр.	Лисенко		<i>[Signature]</i>	
Затвер.	Говорушенко Т.О.		<i>[Signature]</i>	09.06
			Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів	
			Пояснювальна записка	
			Літера	Арк.вш
			v	Арк.вшів
			ХНУ КІ2-19-2	

Додаток Б Копія креслення «Спектрограма програмно-апаратного засобу» 66

Додаток В Копія креслення «Схема осцилографа..... 67

					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

RNN – рекурентні нейронні мережі

LSTM – Long Short-Term Memory

GRU – Gated Recurrent Unit

CNN – Згорткові нейронні мережі

MFCC – Mel Frequency Cepstral Coefficients

ReLU – Rectified Linear Unit

SNR – відношення сигнал-шум

MFCC - Mel Frequency Cepstral Coefficients

					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному інформаційному світі програмно-апаратне забезпечення для обробки голосових сигналів у умовах дії шумів є важливою темою дослідження. Завдяки зростанню популярності систем автоматичного розпізнавання мови, голосових помічників і голосових інтерфейсів ми повинні розробити надійні та ефективні засоби обробки голосових сигналів, які можуть працювати навіть в умовах високого шуму.

Завдання дипломного проекту включає наступне:

аналіз проблеми: Виконання дослідження та аналіз літературних джерел щодо розпізнавання голосових команд в умовах шуму. Оцінка поточних методів і алгоритмів розпізнавання голосу та визначення їхньої ефективності в умовах шуму.

вибір апаратної платформи: Вивчення і порівняння різних апаратних платформ, які можуть бути використані для розпізнавання голосових команд в умовах шуму. Вибір оптимальної платформи, яка забезпечує високу швидкість та точність розпізнавання голосу в умовах шуму.

розробка алгоритмів обробки сигналу: Розробка алгоритмів фільтрації та підготовки сигналу для поліпшення якості голосового сигналу в умовах шуму. Реалізація алгоритмів шумозаглушення, ехоканцеляції та інших методів для підвищення якості вхідного сигналу перед його розпізнаванням.

розробка моделей машинного навчання: Розробка та навчання моделей машинного навчання для розпізнавання голосових команд в умовах шуму. Використання нейронних мереж, глибокого навчання та інших методів для побудови моделей, які забезпечують високу точність розпізнавання голосу навіть в умовах шуму.

розробка програмного забезпечення: Розробка програмного інтерфейсу або додатку, який використовує розроблені алгоритми та моделі для розпізнавання голосових команд в реальному часі. Інтеграція з різними платформами або системами для демонстрації функціоналу та ефективності розпізнавання голосу в умовах шуму.

експериментальне тестування: Збір тестових даних з різних джерел та сценаріїв з шумом. Виконання експериментів для оцінки ефективності розробленого

									Арк.
									5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ				

програмно-апаратного засобу розпізнавання голосових команд в умовах шуму.
Аналіз результатів та порівняння з існуючими рішеннями.

оформлення документації: Написання технічної документації, яка описує весь процес розробки та реалізації програмно-апаратного засобу. Включення опису алгоритмів, методів, результатів експериментів, а також вказівок щодо подальшого розвитку та використання розробленого засобу.

Загалом, завдання дипломного проекту полягають у проведенні аналізу, розробці алгоритмів та моделей, реалізації програмного забезпечення та проведенні експериментів з метою розпізнавання голосових команд в умовах шуму.

					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

1 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ОБРОБКИ ГОЛОСОВИХ КОМАНД

1.1 Класифікація існуючих комп'ютерних систем

В сучасному світі комп'ютерні системи використовуються в різноманітних областях, включаючи обробку голосових сигналів. При цьому, існують різні типи комп'ютерних систем, які можуть бути використані для розв'язання завдань обробки голосу. В залежності від мети та характеристик застосування, можна виділити декілька класів комп'ютерних систем.

1.1.1 Класифікація за способом розподілу обчислень

Одним із способів класифікації комп'ютерних систем є їх поділ за способом розподілу обчислень. За цією класифікацією, існують централізовані та розподілені системи [1].

Однак, централізовані системи також мають свої недоліки. Перш за все, вони можуть бути вразливі до відмови, оскільки вся обробка даних залежить від центрального комп'ютера. Якщо центральний комп'ютер вийде з ладу або перебуватиме в аварійному стані, це може призвести до зупинки всієї системи. Також, збільшення обсягу даних може призвести до перевантаження центрального комп'ютера та зниження продуктивності системи.

Окрім того, централізовані системи можуть мати проблеми з приватністю та безпекою даних. Оскільки всі дані обробляються на центральному комп'ютері, існує ризик несанкціонованого доступу до цих даних. Це особливо важливо в контексті голосового розпізнавання, оскільки це може включати конфіденційну інформацію користувача. Тому важливо вживати заходів для забезпечення безпеки даних та захисту приватності користувачів у централізованих системах.

Нарешті, централізовані системи можуть бути обмежені щодо масштабованості та гнучкості. Зі зростанням обсягу даних та збільшенням кількості користувачів можуть виникнути проблеми з продуктивністю та

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			7

доступністю системи. Також, внесення змін або оновлення алгоритмів може бути складним процесом, оскільки вимагає змін на центральному комп'ютері та його відповідну координацію.

Отже, хоча централізовані системи можуть мати свої переваги, вони також мають певні недоліки. Для успішної організації програмних засобів для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів варто ретельно вивчити переваги та недоліки централізованих систем, а також розглянути можливі альтернативи, такі як розподілені системи або комбінація централізованих та розподілених підходів. Вибір оптимального підходу залежить від конкретних потреб та вимог проекту, а також від ресурсних можливостей та обмежень. Зрештою, метою є розробка програмного-апаратного засобу, який забезпечить якісну та ефективну обробку голосових сигналів в умовах дії шумів, незалежно від обраного архітектурного підходу.

Розподілені системи складаються з багатьох комп'ютерів, які працюють разом, розподіляючи обчислювальні завдання між собою. У таких системах кожен комп'ютер може виконувати свою частину роботи та обмінюватись даними з іншими комп'ютерами [2]. Розподілені системи можуть бути більш масштабними та ефективними, ніж централізовані, але вони вимагають більшої кількості обладнання та програмного забезпечення. Централізовані та розподілені системи мають свої переваги і недоліки, і їх вибір залежить від конкретних потреб і вимог проекту. Продовжимо опис класифікації комп'ютерних систем за способом розподілу обчислень:

Централізовані системи:

1) висока швидкість обробки: Зосередження обчислювального процесу на центральному комп'ютері дозволяє використовувати потужне обладнання та ресурси для швидкої обробки даних.

2) простота управління: Одна центральна точка управління спрощує керування та підтримку системи, оскільки всі дані та операції зосереджені на центральному комп'ютері.

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

3) економічність: Використання одного центрального комп'ютера дозволяє зменшити витрати на обладнання та підтримку системи порівняно з розподіленими системами. Розподілені системи:

масштабованість: Розподілені системи можуть бути масштабовані горизонтально (шляхом додавання нових вузлів) або вертикально (шляхом покращення обладнання вузлів). Це дозволяє підвищувати продуктивність та збільшувати обсяг обчислювальних завдань.

висока доступність: У разі відмови одного комп'ютера решта вузлів можуть продовжувати працювати, забезпечуючи доступ до сервісів та зменшуючи ризик втрати даних.

розподіл завдань: Розподілені системи дозволяють ефективно розподіляти завдання між комп'ютерами, що може пришвидшити час виконання та покращити продуктивність системи.

Розподілені обчислення дозволять розподілити обробку голосових команд між декількома комп'ютерами, що дозволить забезпечити швидку та ефективну обробку навіть у вимогливих умовах шуму. Кожен комп'ютер може приймати та обробляти частину команд, а потім обмінюватись результатами з іншими комп'ютерами. Це дозволить досягти кращої продуктивності та забезпечити стабільність роботи системи навіть при наявності шуму та завад.

1.1.2 Класифікація за обсягом обробки даних

Ще однією способом класифікації комп'ютерних систем є їх поділ за обсягом обробки даних. За цією класифікацією, можна виділити мікрокомп'ютери, мінікомп'ютери та великі комп'ютери:

1) мікрокомп'ютери – це комп'ютери, які мають обмежені обчислювальні можливості, малу кількість оперативної пам'яті та невеликий обсяг зберігання даних. Зазвичай вони використовуються для розв'язання простих завдань, таких як робота з офісними документами, інтернет-серфінг та ігри [3].

міні Комп'ютери – це більш потужні комп'ютери, які мають більшу кількість оперативної пам'яті та здатні виконувати складніші завдання. Вони можуть

									Арк.
									9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ				

використовуватись для розв'язання завдань обробки голосу, таких як розпізнавання мови та синтез мовлення.

великі комп'ютери – це комп'ютери, які мають найбільші обчислювальні можливості та можуть обробляти великі обсяги даних. Ці комп'ютери зазвичай використовуються в промисловості та наукових дослідженнях.

1.1.3 Класифікація за типом обробки даних

Іншим способом класифікації комп'ютерних систем є їх поділ за типом обробки даних. За цією класифікацією, можна виділити суперкомп'ютери, векторні комп'ютери та паралельні комп'ютери[4]:

1) суперкомп'ютери – це найшвидші та найпотужніші комп'ютери, які використовуються для розв'язання найскладніших завдань обробки даних. Вони мають велику кількість процесорів та високу швидкість обробки даних.

векторні комп'ютери – це комп'ютери, які спеціалізуються на обробці векторних операцій, таких як додавання та множення векторів. Вони використовуються в наукових дослідженнях та в обробці зображень.

паралельні комп'ютери – це комп'ютери, які мають кілька процесорів та можуть виконувати кілька завдань одночасно. Вони використовуються для розв'язання складних задач, які потребують великої обчислювальної потужності, таких як обробка голосу та відео.

1.1.4 Класифікація за архітектурою

Іншою способом класифікації комп'ютерних систем є їх поділ за архітектурою. За цією класифікацією, можна виділити комп'ютери з однією процесорною архітектурою та комп'ютери з багатопроцесорною архітектурою [5].

Комп'ютери з однією процесорною архітектурою - це комп'ютери, які мають один процесор, який виконує всі операції обробки даних. Ці комп'ютери зазвичай використовуються для розв'язання простих завдань, таких як робота з офісними документами.

									Арк.
									10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Комп'ютери з багатопроцесорною архітектурою - це комп'ютери, які мають кілька процесорів, які можуть виконувати завдання одночасно [6]. Ці комп'ютери зазвичай використовуються для розв'язання складних завдань, таких як обробка голосу та відео.

1.2. Підходи до рішення задачі розпізнавання мови

1.2.1. Статистичні моделі

Один з підходів до рішення задачі розпізнавання мови - це використання статистичних моделей. Статистичні моделі є одними з перших методів, що були застосовані в задачі розпізнавання мови і вони знаходять широке застосування в цій галузі до сьогоднішнього дня.

Основна ідея статистичних моделей полягає в побудові моделі мови, яка визначає ймовірності появи різних послідовностей слів [7]. Ця модель може бути побудована на основі статистичного аналізу великого корпусу текстових даних, наприклад, розмовних записів або літературних творів. Використовуючи цю модель мови, можна оцінювати ймовірності для різних фраз і використовувати ці значення при розпізнаванні мови.

Крім моделі мови, для розпізнавання мови також використовуються моделі акустичних властивостей мовлення. Ці моделі визначають ймовірності появи різних акустичних векторів, які відповідають вимовленому слову або фразі [8]. Вони можуть бути побудовані на основі аналізу голосових сигналів і використовуються для визначення, які звуки були вимовлені.

Для розпізнавання мови застосовуються методи максимального правдоподібності та Viterbi-алгоритму. Метод максимального правдоподібності використовується для оцінювання ймовірності вимовленої фрази на основі моделей мови та акустичних моделей. Viterbi-алгоритм використовується для пошуку найбільш ймовірного шляху в графі розпізнавання, що відповідає послідовності вимовлених звуків [9].

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			11

Статистичні моделі мають кілька переваг у задачі розпізнавання мови. Вони є ефективними для розпізнавання обмеженого набору слів та фраз, наприклад, для голосового керування технікою або для розпізнавання команд в голосових помічниках. В таких випадках моделі можуть бути оптимізовані для конкретного обмеженого словника, що дозволяє досягти високої точності розпізнавання.

Також статистичні моделі можуть бути ефективними в умовах шуму. Вони можуть використовувати статистичні дані про шум та його вплив на акустичні властивості мовлення для покращення точності розпізнавання. Це може включати моделювання шуму, використання методів знешумлення або врахування шумових компонентів при розпізнаванні [10].

Однак, статистичні моделі мають деякі недоліки. Вони можуть бути не ефективними для розпізнавання великої кількості слів та фраз, оскільки для кожного слова потрібно побудувати окрему модель [11]. Це може вимагати значних обчислювальних ресурсів та часу для навчання та розпізнавання. Також статистичні моделі можуть бути чутливими до різних діалектів та акцентів, оскільки модель мови потрібно побудувати на основі даних з певної мовної спільноти. Це може призводити до зниження точності розпізнавання для користувачів з іншими мовними варіантами.

Таким чином, статистичні моделі є одним з ключових підходів до рішення задачі розпізнавання мови. Вони дозволяють побудувати модель мови та акустичні моделі, що визначають ймовірності появи різних послідовностей слів та акустичних векторів вимовленого мовлення. Ці моделі можуть бути ефективними для розпізнавання обмеженого набору слів та фраз, а також в умовах шуму [12]. Однак, вони можуть мати обмежену ефективність для розпізнавання великої кількості слів та фраз, а також можуть бути чутливими до різних діалектів та акцентів. Для досягнення більш високої точності розпізнавання іноді потрібно використовувати інші підходи та комбінувати їх зі статистичними моделями.

1.2.2. Нейронні мережі

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

Нейронні мережі є одним з найперспективніших підходів до розпізнавання мови. Вони використовують принципи функціонування нервової системи, щоб аналізувати голосовий сигнал та розпізнавати мовлення. Нейронні мережі здатні вирішувати складні завдання розпізнавання мови, включаючи великий набір слів та фраз, різні акценти та діалекти [13].

Основна ідея нейронних мереж полягає у використанні штучних нейронів, які здатні обробляти інформацію та передавати її через мережу зв'язків. Кожен штучний нейрон має вхідні сигнали, які зважуються та комбінуються, а потім передаються до функції активації, яка визначає вихідний сигнал нейрона. Нейрони організовуються в шари, інтерпретуючи вхідні сигнали та генеруючи вихідні результати.

Одним з найпопулярніших типів нейронних мереж є рекурентні нейронні мережі (RNN). RNN мають зв'язки з попередніми шарами, що дозволяє їм зберігати інформацію про попередній контекст та використовувати її при обробці поточного вхідного сигналу. Це дозволяє RNN ефективно моделювати послідовності та динаміку мовлення. Відомими архітектурами RNN є Long Short-Term Memory (LSTM) та Gated Recurrent Unit (GRU) [14].

Згорткові нейронні мережі (CNN) використовують математичну модель штучного нейрона для розпізнавання голосових команд під впливом шуму.

Я використовую математичну модель штучного нейрона:

$$y_k = \varphi\left(\sum_{j=0}^m w_{kj}x_j\right), \quad (1.1)$$

де x – вектор вхідних аргументів (сигналів);

u – значення на виході нейрона;

φ – функція активації;

w_{kj} – вектор, що містить значення вагових коефіцієнтів kj ;

У програмному забезпеченні засобу розпізнавання голосових команд використання математичної моделі штучного нейрона може включати такі етапи: Визначення вхідних параметрів: спочатку необхідно визначити параметри вхідного

						Арк.
					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

сигналу, що передається штучному нейрону. Це може бути числове представлення аудіо-сигналу, таке як MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients), отримане за допомогою обробки голосових команд.

1) Ваги та зсуви: Ваги та зсуви кожного штучного нейрона використовуються для визначення вагової суми вхідних сигналів. Завдяки навчанню моделі на тренувальних даних ваги визначаються, а зсуви додаються до вагової суми для кожного нейрона.

Функція активації: Після визначення вагової суми вхідних сигналів активаційна функція використовується для визначення виходу штучного нейрона. Залежно від завдання ця функція може бути сигмоїдною, тангенс-гіперболічною, ReLU (Rectified Linear Unit) або іншою.

Поширення помилок: Після обчислення вихід штучного нейрона порівнюється з очікуваним виходом, а потім проводиться оцінка помилки. Алгоритм зворотного поширення помилок потім передає цю помилку назад у мережу штучних нейронів, щоб змінити вагу та зсув.

Навчання та тестування: Засоби розпізнавання голосових команд, включаючи штучні нейрони, навчаються та тестуються, щоб досягти достатньої точності розпізнавання.

Також в даному методі реалізації програмно-технічного засобу для розпізнавання голосових команд в умовах дії шумів я використовував Віконне перетворення Фур'є яке виглядає наступним чином:

$$F(t, w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)W(\tau - t)e^{-i w \tau} d\tau, \quad (1.2)$$

$F(t, w)$ - дає розподіл частот частини оригінального сигналу $f(t)$ у окіл часу t .

Я використав цей метод тому що за допомогою цього методу можна виконувати наступні дії у роботі з CNN:

Спектральний аналіз: спектральні властивості сигналу аналізуються за допомогою віконного перетворення Фер'є. Використовуючи його, можна визначити наявність інтересуючих частот у сигналі та їх інтенсивність.

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

Спектральне візуалізація: спектрограми можна створити за допомогою віконного перетворення Фур'є, щоб показати залежність інтенсивності сигналу від часу та частоти. Спектрограми можна використовувати для демонстрації звукових, музичних, голосових та інших сигналів змінної частоти.

Фільтрація сигналу: віконне перетворення Фур'є може фільтрувати сигнал, видаляючи або приглушуючи певні частоти. Це може бути корисним для видалення шуму з аудіо-сигналів або для виділення певних частотних складових сигналів.

Спектральний аналіз голосу: для аналізу спектральних характеристик звукових сигналів використовується віконне перетворення Фур'є. Це дозволяє ідентифікувати різноманітні інструменти, мелодії, акорди та інші компоненти музичного сигналу.

Ще одним значущим типом нейронних мереж для розпізнавання мови є сверточні нейронні мережі (CNN). Вони використовують свертку для виділення локальних особливостей у вхідних даних, таких як звукові спектрограми. Сверточні шари дозволяють автоматично виявляти важливі акустичні ознаки мовлення, такі як фонемі або фонетичні особливості.

Окрім RNN та CNN, існують інші архітектури нейронних мереж, які можуть бути використані для розпізнавання мови. Наприклад, Transformer, який базується на механізмі уваги, є потужним інструментом для моделювання послідовностей та здатен досягати вражаючих результатів у розпізнаванні мови [15].

Переваги використання нейронних мереж для розпізнавання мови полягають у їхній здатності автоматично вивчати складні залежності та виявляти корисні акустичні ознаки з великих обсягів даних. Вони можуть адаптуватися до різних діалектів, акцентів та стилів мовлення, що робить їх універсальними для розпізнавання мови у різних культурних та лінгвістичних контекстах. Крім того, нейронні мережі можуть ефективно працювати навіть у умовах шуму та спотворення голосового сигналу.

Однак, існують і виклики та обмеження, пов'язані з використанням нейронних мереж у розпізнаванні мови. Потреба в великій кількості підготовчих даних, обчислювальній потужності та часі для навчання та інференсу можуть бути значними. Крім того, інтерпретованість результатів нейронних мереж може бути

									Арк.
									15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

проблематичною, що ускладнює зрозуміння причин та пояснення прийнятих рішень [16].

Отже, нейронні мережі є потужним інструментом для розпізнавання мови, який виявляється ефективним у вирішенні різноманітних завдань, включаючи розпізнавання великого набору слів та фраз, адаптацію до різних мовних варіацій та працю в умовах шуму. Вдосконалення нейронних мереж, розширення набору тренувальних даних та вдосконалення алгоритмів навчання є напрямками подальшого розвитку в цій галузі.

1.2.3. Гібридні системи

Гібридні системи є комбінацією статистичних моделей та нейронних мереж. Основна ідея полягає у використанні нейронної мережі для визначення початкових гіпотез щодо розпізнавання мовлення, а потім використання статистичних моделей для підтвердження чи відхилення цих гіпотез [17].

Гібридні системи мають кілька переваг. Вони можуть бути ефективними для розпізнавання мовлення в умовах шуму, оскільки вони можуть використовувати статистичні дані про шум та його вплив на акустичні властивості мовлення, а також використовувати нейронну мережу для підвищення точності розпізнавання мовлення.

Однак, гібридні системи також мають деякі недоліки. Вони можуть бути складними для побудови та тренування, оскільки потрібно поєднувати різні методи розпізнавання мовлення. Також гібридні системи можуть бути вимогливими до обчислювальних ресурсів, оскільки вони включають в собі як нейронну мережу, так і статистичні моделі.

1.3 Висновки. Постановка задачі

У цьому розділі було надано класифікацію комп'ютерних систем за різними параметрами, такими як за метою використання, за обсягом обробки даних, за типом обробки даних та за архітектурою. Класифікація комп'ютерних систем є

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

важливою для розуміння їх функціональних можливостей та можливостей використання в різних галузях.

Для розв'язання задач обробки голосу в умовах дії шумів, важливо вибрати відповідну комп'ютерну систему залежно від розміру даних, що обробляються, та від обчислювальної потужності, яка потрібна для їх обробки.

Наприклад, для обробки голосових сигналів в режимі реального часу, необхідна велика обчислювальна потужність та швидкість обробки даних. У такому випадку відповідні комп'ютерні системи можуть бути суперкомп'ютери, багатопроцесорні сервери або комп'ютери з використанням спеціального обладнання для обробки сигналів.

Узагалі, обробка голосових сигналів є складною задачею, яка вимагає використання високоефективних алгоритмів та обладнання. Комп'ютерна система для цієї задачі повинна мати відповідну архітектуру та обчислювальну потужність, щоб забезпечити оптимальну обробку даних та досягнення необхідного результату.

Отже, зважаючи на зібрану інформацію з різних джерел, можна стверджувати, що на сьогодні існують різні комп'ютерні системи та обладнання для обробки голосових сигналів в умовах шуму. Ці системи можуть включати різноманітне програмне забезпечення, обладнання для збору даних про голосові сигнали, обладнання для обробки даних, а також мережі для передачі та зберігання даних. Для ефективної роботи з голосовими сигналами, необхідно розуміти різні аспекти, такі як архітектура комп'ютерів, програмне забезпечення та обладнання, які використовуються для їх обробки, вимірювання та аналізу звукових характеристик та методи обробки даних [18].

Зокрема, існують програмні засоби, такі як редуктори шуму, які відкидають зайвий шум, що може допомогти в роботі з голосовими сигналами. Також для вимірювання звукових характеристик та отримання сигналів можуть використовуватись різні мікрофони, сенсори, вуха або інші датчики, які дозволяють отримати якісний звуковий сигнал.

При роботі з голосовими сигналами важливо також використовувати різні методи обробки даних, які можуть допомогти видалити шум, розрізнити окремі звуки та слова, розпізнавати мову тощо. Для цього можуть використовуватись різні

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			17

алгоритми та моделі, які базуються на машинному навчанні та штучному інтелекті. Наприклад, для розпізнавання мови можуть використовуватись нейронні мережі, які навчаються на великих обсягах даних та дозволяють досягти високої точності [19].

Отже, можна стверджувати, що існує багато різних комп'ютерних систем та обладнання для обробки голосових сигналів в умовах шуму. Ці системи включають в себе різноманітне програмне забезпечення, обладнання для збору та вимірювання даних, а також методи обробки даних, які базуються на машинному навчанні та штучному інтелекті. Для успішної роботи з голосовими сигналами важливо розуміти різні аспекти, такі як архітектура комп'ютерів, програмне забезпечення, методи обробки даних, що дозволить ефективно використовувати ці системи в різних сферах діяльності, таких як медицина, телекомунікації, автомобільна промисловість та багато інших.

Для подальшого дослідження теми, важливо звернути увагу на те, що існують різні підходи до обробки голосових сигналів, і кожен з них має свої переваги та недоліки. Тому, для вирішення конкретних задач, можуть використовуватись різні підходи та комбінації методів.

Крім того, важливо розуміти, що обробка голосових сигналів є складним та багатовимірним процесом, який потребує не тільки високої якості обладнання та програмного забезпечення, але й відповідного розуміння фізичної природи звуку та методів обробки даних.

Загалом, у роботі було розглянуто тему "Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів" з підтемою 1.1. "Класифікація існуючих комп'ютерних систем". Було висвітлено основні підходи та методи обробки голосових сигналів, а також наведено приклади програмного забезпечення, обладнання та методів обробки даних, які використовуються для роботи з голосовими сигналами. Дослідження в цій області є актуальним та важливим, оскільки дозволяє вирішувати різноманітні задачі, пов'язані з обробкою та аналізом голосових сигналів в умовах шуму [20].

Таким чином, проаналізовано різні підходи до рішення задачі розпізнавання мовлення, зокрема, статистичні моделі, нейронні мережі та гібридні системи.

						Арк.
					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Кожен з цих підходів має свої переваги та недоліки. Статистичні моделі мають довгу історію успішного використання у задачах розпізнавання мовлення та можуть бути ефективними для розпізнавання мовлення в умовах шуму. Нейронні мережі є потужними та гнучкими інструментами для розпізнавання мовлення, але можуть вимагати значних обчислювальних ресурсів та бути чутливими до шуму. Гібридні системи можуть комбінувати переваги обох підходів та бути ефективними для розпізнавання мовлення в умовах шуму, але можуть бути складними для побудови та тренування та вимагати значних обчислювальних ресурсів.

У нашому дослідженні ми будемо використовувати гібридний підхід до розпізнавання мовлення, зокрема, поєднання нейронної мережі та статистичних моделей для розпізнавання мовлення в умовах шуму. Ми плануємо розробити програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів, який буде включати в себе елементи, такі як функції фільтрації шуму та підвищення якості голосового сигналу, нейронну мережу для розпізнавання мовлення та статистичні моделі для виконання додаткової обробки отриманого результату.

Для розробки програмно-апаратного засобу ми плануємо використовувати підходи, що базуються на використанні відкритих бібліотек та фреймворків для обробки голосових сигналів, а також вільно доступних баз даних для тренування та оцінки точності розпізнавання мовлення. Для підвищення ефективності програмно-апаратного засобу ми плануємо використовувати техніки оптимізації нейронних мереж, такі як зменшення кількості параметрів та збільшення швидкості тренування, а також розробляти спеціалізовану апаратуру для розпізнавання мовлення.

Для оцінки ефективності розробленого програмно-апаратного засобу ми плануємо використовувати відомі метрики, такі як точність розпізнавання мовлення та час розпізнавання, а також порівнювати результати з іншими відомими програмно-апаратними засобами для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів.

Одним з важливих аспектів розробки програмно-апаратного засобу для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є підтримка різних мов та діалектів.

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Для досягнення цієї мети ми плануємо використовувати різноманітні бази даних з різних мовних груп, а також розробляти методи, що дозволяють адаптувати програмно-апаратний засіб до конкретної мови або діалекту[21].

Отже, наша дослідницька робота спрямована на розробку програмно-апаратного засобу для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів. Ми плануємо використовувати гібридний підхід до розпізнавання мовлення, поєднання нейронної мережі та статистичних моделей, для досягнення максимальної ефективності розпізнавання мовлення в умовах шуму. Для розробки програмно-апаратного засобу ми плануємо використовувати відкриті бібліотеки та фреймворки. Для підвищення ефективності програмно-апаратного засобу ми плануємо використовувати техніки оптимізації нейронних мереж, такі як зменшення кількості параметрів та збільшення швидкості тренування, а також розробляти спеціалізовану апаратуру для розпізнавання мовлення.

Щодо підходів до рішення задачі розпізнавання мови, вони можуть бути розділені на три основні групи: фонетичні, статистичні та нейронні підходи.

Фонетичний підхід базується на використанні фонем, які є найменшими одиницями мовлення. Для розпізнавання мовлення використовуються фонемні моделі, які враховують особливості вимови фонем у різних мовах та діалектах. Фонетичні моделі можуть бути використані для розпізнавання окремих слів або фраз.

Статистичний підхід використовує статистичні методи для розпізнавання мовлення. Основними компонентами статистичної моделі є акустична модель та лінгвістична модель. Акустична модель використовується для визначення відповідності між звуковим сигналом та фонемою, а лінгвістична модель використовується для моделювання ймовірностей фраз та речень. Статистичні моделі можуть бути використані для розпізнавання фраз, речень та повних текстів.

Таким чином, нейронні мережі є найбільш ефективними для розпізнавання мовлення, оскільки вони можуть автоматично визначати різні акустичні та лінгвістичні характеристики мовлення.

									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

2 ОПИС ЗАСОБІВ РОЗРОБКИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАСОБУ

2.1 Опис засобів розробки

Для створення моделі запису та відтворення звуку за основну площадку була взята програма Mat Lab. Для виконання поставленої задачі я використовував такі додаткові інструменти як DSP System Toolbox та Audio Toolbox. Ці інструменти створені спеціально для роботи з аудіо контентом та маніпуляціями з ними.

Для подальшої роботи потрібно підключити пристрої вводу (Мікрофон) та пристрої виводу (Навушники, динаміки). Обов'язково потрібно запевнитись що вони являються справними. Після їхнього підключення нам необхідно дізнатись значення частоти дискретизації та розрядність пристроїв. Щоб знайти цю інформацію нам необхідно натиснути правою кнопкою миші на зображення динаміку у правому нижньому кутку. Далі перейдіть у вкладку «Звуки» (Зображено на рисунку 1.1).

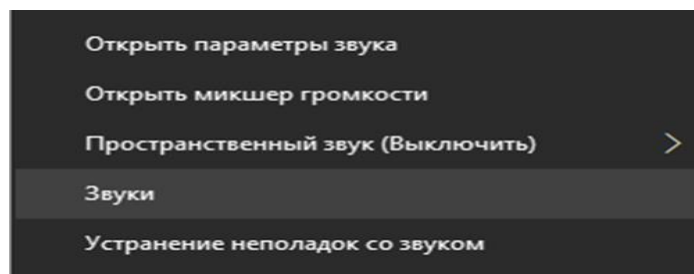


Рисунок 1.1 - вкладка «Звуки»

Після чого відкриється вікно налаштувань звуків вашого пристрою, якщо ваші пристрої справні, вони з'являться у вкладках «Відтворення» та «Запис». У вкладці «Відтворення» вам необхідно вибрати ваш прилад відтворення звуку який ви в подальшому будете використовувати для виводу звуку який будете записувати. У моєму випадку це Навушники. Натисніть правою кнопкою миші на ваш прилад та виберіть «Властивості». У вкладці «Додатково» у розділі Формат по

замовчуванні необхідно записати данні про розрядність яка вимірюється в (біт) та дискретизацію (Hz). Теж саме необхідно зробити у вкладці «Запис». Виберіть мікрофон який підключили раніше та натисніть правою кнопкою миші на ваш прилад та виберіть «Властивості». Запишіть данні мікрофону також. В подальшому ці данні будуть необхідні для налаштування.

Наступним кроком необхідно запусити програму Mat Lab. У панелі швидкого доступу, у вкладці «Simulink» виберіть Simulink. Після його запуску, необхідно створити нову модель натиснувши на кнопку «Blank Model». Називати її можна довільно, у подальшому ми будемо використовувати цю модель для запису аудіо вмісту у файл. Після створення моделі, її необхідно налаштувати. У вкладці «Modeling» необхідно відкрити налаштування «Model Settings». Вибравши пункт «Solver» необхідно його налаштувати. Для цього у блоці «Solver selection» у полі «Type» ми вибираємо значення «Fixed step» та у полі «Solver» вибираємо значення «Discrete». Нище у блоці «Solver details» нам необхідно вставити значення Fixed-step size.

Дізнатись це значення можливо за допомогою такої команди

```
FixedStepSize = get_param («model_name», "CompiledStepSize" );
```

```
FixedStepSize
```

У моєму випадку це значення являється '0.021333333333333333'

Переходимо до створення моделі запису звуку. У бібліотеці нам необхідно знайти функції вводу інформації з мікрофону, функцію запису у файл та функцію запису аудіо файлу. У вкладці Audio Toolbox вибираємо Sources де нам необхідно вибрати Audio Device Reader. А також у Sinks вибираємо To Multimedia File. У вкладці Simulink -> Sinks необхідно вибрати модуль To File.

З вибраних блоків нам необхідно побудувати структуру при якій після запису, запис буде зберігатись як аудіо файл у файл (Зображено на Рис 2.1)

									Арк.
									22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

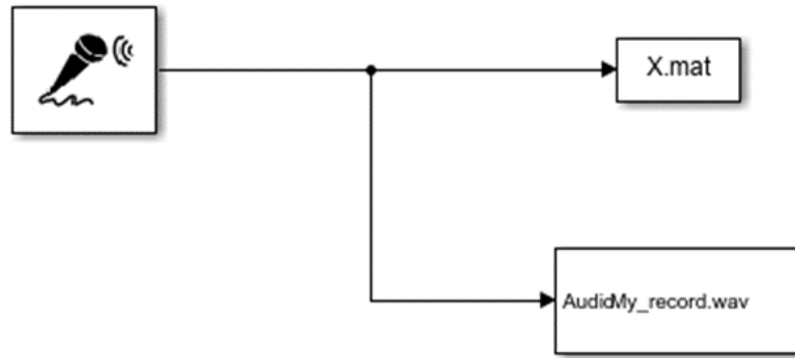


Рисунок 2.1 Схема запису звуку з пристрою вводу та збереження у файл

Тепер нам необхідно налаштувати модулі. Натискаємо двічі на Audio Device Reader, Виставляємо Sample rate (Hz) на ті данні які ми дізнались із налаштувань звуку. У блоці To Multimedia File вибираємо шлях запису, а у To File змінюємо стандартну назву на особисту.

Для виводу звуку який ми записали нам потрібно створити ще одну модель. Створення та налаштування моделі таке саме як і у попередній. Для цього нам потрібен буде блок «to File», блок «Audio Device Writer» з Audio Toolbox -> Sinks та «From Multimedia File». Розташовуємо ці модулі таким чином щоб аудіо файл відтворювався та записувався у новий файл. (Рис. 2.2)

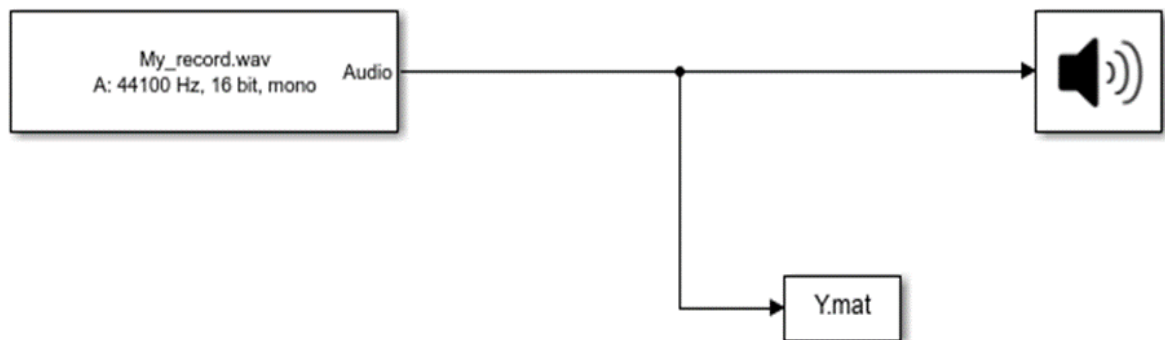


Рисунок 2.2 - Схема виведення звуку на динаміки з файлу

Тут Audio Device Writer налаштувань не потребує, у From Multimedia File необхідно вказати ту саму папку у яку ми записували аудіо файл.

Коли ми вже вміємо записувати звук з мікрофону на комп'ютер, необхідно вносити певні процеси обробки в запис. Для початку нам необхідно дещо змінити нашу симуляцію.

Спершу ми створюємо запис з мікрофону за допомогою модуля мікрофону (Рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Модуль мікрофону

Налаштовувати модулі необхідно відповідно до пристрою на якому ведеться запис. Тому всі подальші налаштування я буду демонструвати відповідно до моїх налаштувань та апаратів.

Мої налаштування данного модуля наступні: Driver - DirectSound, Device - Микрофон (WO Mic Device), Sample rate (Hz): 16000, Number of channels: 1, Samples per frame:1600.

Вірні налаштування данного модуля являються важливими для данного засобу обробки звуку.

Наступним блоком необхідно виставити модуль "Конвертування" (рис. 2.4). Збір аудіосигналу: Конвертор отримує аудіосигнал, що містить голосові команди, за допомогою мікрофона або іншого звукозаписуючого пристрою.

1) попередня обробка сигналу: Отриманий аудіосигнал може містити різноманітні шуми, такі як шуми середовища, електричні шуми або шуми

мікрофона. Конвертор виконує попередню обробку сигналу, включаючи фільтрацію шумів та попередню обробку для покращення якості запису.

видалення шумів: Конвертор використовує алгоритми фільтрації, такі як фільтри нижніх частот або адаптивні фільтри, для видалення шумів з аудіосигналу. Це допомагає виділити голосові команди від шумів та забезпечити кращу якість сигналу для подальшої обробки.

екстракція голосових команд: Після видалення шумів конвертор використовує алгоритми обробки мовлення для екстракції голосових команд з очищеного сигналу. Це може включати розпізнавання мовлення або використання інших методів обробки мовлення для виявлення та розпізнавання голосових команд.

передача даних до MATLAB: Після екстракції голосових команд конвертор передає їх у MATLAB для подальшого аналізу та виконання необхідних завдань. Наприклад, голосові команди можуть використовуватись для керування алгоритмами у MATLAB або взаємодії з іншими системами.

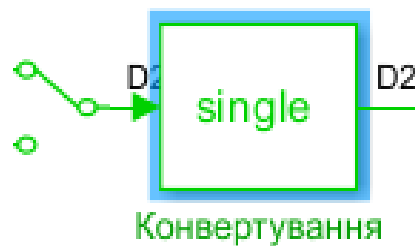


Рисунок 2.4 - Конвертування

Налаштування модуля наступні: Output minimum: [], Output maximum: [], Output data type: Single, Input and output to have equal: Real World Value (RWV), Integer rounding mode: (Floor).

Підсилювач може використовуватись для налаштування рівня гучності вхідного аудіосигналу перед обробкою та фільтрацією. Правильне налаштування рівня гучності може допомогти забезпечити оптимальне співвідношення сигнал-шум та забезпечити якісний запис голосових команд. Для цього ми використовуємо модуль Підсилення (Рисунок 2.5). В налаштуваннях цього блоку записуємо наступні значення: Low: 0, High: 30.

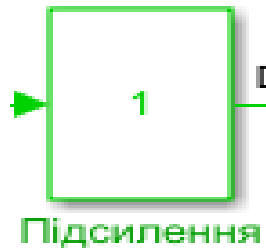


Рисунок 2.5 - Підсилення

Далі, коли ми вже можемо записувати голос, конвертувати його у цифрові одиниці та підсилювати, слід перетворити сигнали у спектограму. Це ми можемо зробити за допомогою модулю “Спектограма” (Рисунок 2.6). Налаштування цього модулю наступні: в блоці “Filter Bank Parameters” заповнюємо поля: Frequency scale: bark, Number of bands: 50, Auto-determine frequency range: ставимо галочку, Filter bank design domain: linear, Filter bank design domain: bandwidth. В полі “Spectrogram Parameters” заповнюємо поля: Window: hann(round(0.025*16e3),"periodic"), Overlap length: round(0.015*16e3), FFT length: 512, Spectrum type: Power, Number of spectra: 98, Number of spectra overlap: 88. В полі “Simulation Parameters” заповнюємо поле Input sample rate (Hz): 16e3.



Рисунок 2.6 – Спектограма

Спектрограма є важливим інструментом у фільтруванні шумів під час запису голосових команд. Основна задача спектрограми полягає у візуалізації звукового сигналу у вигляді графіку, де по горизонтальній осі відображається час, а по вертикальній осі відображається частота звуку.

Застосування спектрограми у даній задачі передбачає наступні кроки:

1) аналіз: Запис голосових команд перетворюється на спектрограму, що візуалізує частотний склад звуку з плином часу.

виділення шуму: На спектрограмі можна виділити частотні ділянки, які відповідають шумам та перешкодам. Це може бути здійснено шляхом ідентифікації частотних діапазонів, де енергія сигналу перевищує певний поріг.

фільтрування шуму: Після виділення шумових частот можна застосувати фільтри або інші алгоритми для приглушення цих шумів. Наприклад, можна застосувати фільтри нижньої частоти (low-pass filters), фільтри середньої частоти (band-pass filters) або інші методи для приглушення шумових ділянок.

Застосування спектрограми у фільтруванні шумів дозволяє відокремити шуми від корисного сигналу і забезпечити кращу якість голосового вводу. Це особливо важливо в ситуаціях, де є багато шуму або джерела завад, наприклад, в шумних оточеннях або при використанні портативних пристроїв. В моєму випадку апарат запису має характерний фоновий шум, та спектограма відділяє цей шум, через це мені значно легше вилучити його для кращого результату.

Сигнал розділяється на короткі часові вікна відповідно до основної ідеї. Потім для кожного вікна створюється спектр частот сигналу за допомогою класичного перетворення Фур'є (Fourier Transform). У цьому випадку використовується віконна функція, яка перед перетворенням множиться на вихідний сигнал.

Наступним підключаємо модуль Масштабування (рис. 2.7). В налаштуваннях даного модулю складаємо наступну схему (рис. 2.8).

Функція модуля масштабування в контексті фільтрування шумів під час запису голосових команд у MATLAB використовується для налаштування амплітуди аудіо-сигналу перед обробкою та фільтрацією. Це важливо для забезпечення оптимального співвідношення сигнал-шум та кращої якості запису. Функція модуля масштабування включає такі дії:

1) амплітудна нормалізація: Це процес приведення амплітуди сигналу до певного діапазону або рівня. Це може забезпечити рівномірну обробку сигналу та уникнення спотворень через недо- або перенасичення.

									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

регулювання гучності: Це може включати збільшення або зменшення рівня гучності аудіосигналу для досягнення оптимального співвідношення сигнал-шум. Налаштування гучності може залежати від конкретних вимог та характеристик запису голосових команд.

нормалізація динамічного діапазону: Це може включати збільшення або зменшення рівня амплітуди сигналу для забезпечення рівномірного розподілу амплітуд у всьому діапазоні запису. Це допомагає забезпечити кращу якість сигналу та більш однорідну обробку шумів.

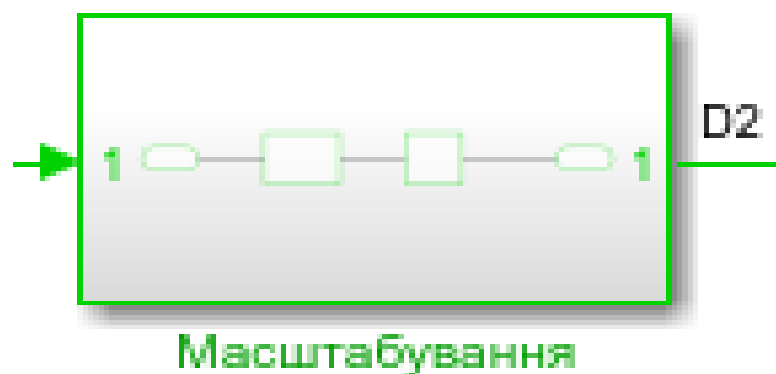


Рисунок 2.7 – Масштабування

Функція модуля Нейронна мережа CNN (Convolutional Neural Network) використовується для фільтрування шумів під час запису голосових команд у MATLAB. CNN є потужним інструментом машинного навчання, що дозволяє автоматично виявляти та видаляти шуми з аудіо сигналу. Таким чином ми зменшуємо необхідний час для фільтрації сигналу.

Далі я вирішив використати нейромережу у вигляді модуля “Нейронна мережа CNN” (рис. 2.9). Для його налаштування потрібно натиснути на стрілку у лівому нижньому кутку. Там нам необхідно додати та налаштувати модуль “MLFB” (рис. 2.10). Для його налаштування слід додати наступний код:



Рисунок 2.8 - Налаштування масштабування

```

function out_1 = deepNetwork( in_1 )
isSim = coder.target('sfun');
simSupported = false;
useExtrinsic = isSim && ~simSupported;
[out_1] = deep.blocks.internal.deepNetwork({in_1}, {size(in_1)}, {class(in_1)},
coder.const("Marchuk_speechRecognition/Нейронна мережа CNN1"),
'commandNet.mat', useExtrinsic, false, 1, false, {}, {'softmax'});
End
  
```

Основні етапи використання CNN для фільтрації шумів у голосових командах в MATLAB включають:

1) підготовка даних: Збирайте набір аудіозаписів голосових команд, який містить як чистий сигнал, так і забруднений шумами. Для навчання та оцінки мережі потрібно мати наявний набір даних зі збалансованими прикладами чистого та шумового сигналів.

побудова архітектури CNN: Створіть модель CNN у MATLAB за допомогою пакету Deep Learning Toolbox. Архітектура мережі може включати один або кілька шарів згортки (convolutional layers), пулінгу (pooling layers), повнозв'язаних шарів (fully

connected layers) та шарів активації (activation layers) для здатності мережі виявляти шуми та здійснювати фільтрацію.

навчання моделі: Використовуйте набір даних для тренування мережі. Під час тренування модель буде навчатися розпізнавати шуми та знаходити оптимальні параметри фільтрації. Можна використовувати різні оптимізатори та функції втрат для досягнення кращих результатів.

оцінка та тестування: Після завершення тренування оцініть ефективність моделі на відкладеному наборі даних. Здійсніть тестування моделі на нових голосових командах з шумом для оцінки її здатності до фільтрації шумів та поліпшення якості запису.



Рисунок 2.9 – “Нейронна мережа CNN”

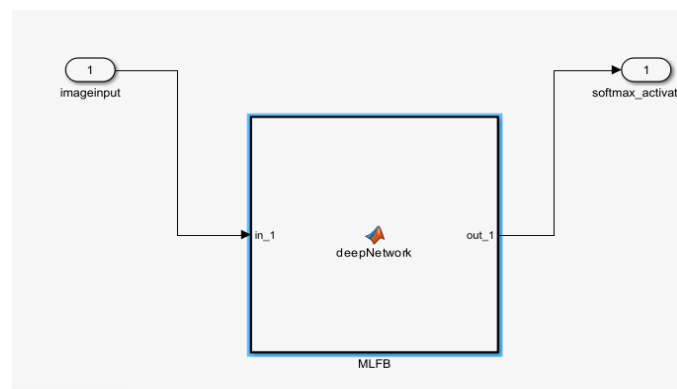


Рисунок 2.10 - “MLFB”

Наступним кроком необхідно додати модуль “Осцилографу” (рис. 2.11).

Осцилограф є корисним інструментом при фільтрації звуку і може виконувати наступні головні функції:

1) візуалізація сигналу: Осцилограф дозволяє відобразити амплітуду звукового сигналу в залежності від часу. Це дозволяє зрозуміти, як звуковий сигнал змінюється в часі і виявити наявність шумів або небажаних компонентів сигналу.

аналіз частоти: Осцилограф може мати можливість аналізувати спектральний склад звукового сигналу. Це дозволяє виявляти частотні складові сигналу, включаючи шуми та інші небажані компоненти, які потрібно видалити за допомогою фільтрації.

вимірювання амплітуди та частоти: Осцилограф може забезпечувати можливість вимірювання амплітуди та частоти звукових сигналів. Це допомагає оцінити характеристики сигналу, такі як рівень шуму, амплітуда корисного сигналу або діапазон частот, що потрібно фільтрувати.

синхронізація зовнішніх подій: Деякі осцилографи мають можливість синхронізації з зовнішніми подіями або сигналами. Це корисно при фільтрації звуку, коли потрібно синхронізувати фільтрацію з аудіосигналом або контролювати фільтрацію на основі зовнішніх вхідних сигналів.

вимірювання часу та інтервалів: Осцилограф може забезпечувати можливість точного вимірювання часових параметрів сигналу, таких як тривалість, період або затримка. Це допомагає визначити часові характеристики звукового сигналу та виявити відповідність фільтрації.

Ці функції допомагають при фільтрації звуку, дозволяючи візуалізувати, аналізувати та контролювати звуковий сигнал для досягнення бажаної якості та чистоти.

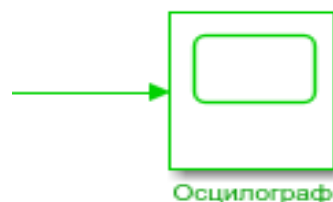


Рисунок 2.11 - “Осциллограф”

Останнім модулем нам необхідний модуль “Пост обробки” (рис. 2.12). Для його налаштування додамо наступний код:

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк. 31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

```

function Command = postProcess(u)
    classificationRate = 10;
    persistent YBuffer probBuffer

    if(isempty(YBuffer))
        YBuffer = ones(classificationRate,1);
        probBuffer = zeros([numel(u),round(classificationRate/2)]);
    end

    % Input u is array of 12 probability values (which word was most likely
    % to be spoken)
    % Find index of array with highest probability and enumerate to our
    % word
    [~,YPredicted] = max(u);

    % Add to buffers
    YBuffer(1:end-1)= YBuffer(2:end);
    YBuffer(end) = YPredicted;

    probBuffer(:,1:end-1) = probBuffer(:,2:end);
    probBuffer(:,end) = u;

    % Now do the actual command detection by performing a very simple
    % thresholding operation. Declare a detection and display it
    % if all of the following hold:
    % 1) The most common label is not |background|.
    % 2) At least |countThreshold| of the latest frame labels agree.
    % 3) The maximum predicted probability of the predicted label is at
    % least |probThreshold|. Otherwise, do not declare a detection.
    [YMode,count] = mode(YBuffer,1);
    countThreshold = ceil(classificationRate*0.2);

```

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			32

```

maxProb = max(probBuffer(YMode,:));
probThreshold = 0.5;
if (count > countThreshold && maxProb > probThreshold && YMode ~=
SpeechCommands.Background)
    Command = SpeechCommands(YMode);
else
    Command = SpeechCommands(0);
end
end
end

```

Пост-обробка сигналу допомагає покращити якість та чистоту голосових команд, забезпечуючи кращу розпізнаваність та ефективність систем обробки голосу в умовах дії шумів.

Пост-обробка сигналу виконується після обробки голосових команд з метою поліпшення якості сигналу та підвищення розпізнавання мови в умовах дії шумів. Вона включає ряд додаткових кроків, які допомагають зменшити шуми та покращити інтелектуальне розпізнавання голосу. Деякі з основних причин, чому потрібна пост-обробка сигналу при обробці голосових команд в умовах дії шумів, включають:

1) зменшення шуму: Пост-обробка може включати фільтрацію шумів, щоб знизити їх рівень у сигналі. Шуми можуть бути спричинені різними джерелами, такими як фоновий шум, електромагнітні перешкоди або артефакти звуку. Використання фільтрів шумів допомагає знизити їх вплив на голосові команди.

видалення ехо: У деяких ситуаціях може бути присутнє ехо або відбиття звуку, що може впливати на ясність та розпізнавання голосових команд. Пост-обробка може включати алгоритми видалення ехо, які допомагають позбутися відбиття звуку та покращити якість сигналу.

нормалізація амплітуди: Пост-обробка може включати нормалізацію амплітуди сигналу для забезпечення рівномірного розподілу амплітуд в діапазоні запису. Це допомагає забезпечити оптимальну якість та однорідність обробки голосових команд.

										Арк.
										33
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата						

покращення якості звуку: Пост-обробка може включати різні методи покращення якості звуку, такі як шумопониження, видалення артефактів або підсилення сигналу. Ці методи спрямовані на поліпшення розпізнавання голосових команд і забезпечення високої якості запису.

відновлення втраченої інформації: В деяких випадках, при наявності шумів або інших перешкод, деяка інформація може бути втрачена або спотворена в процесі запису. Пост-обробка може включати алгоритми відновлення сигналу, які намагаються відновити втрачену інформацію та поліпшити зрозумілість голосових команд.

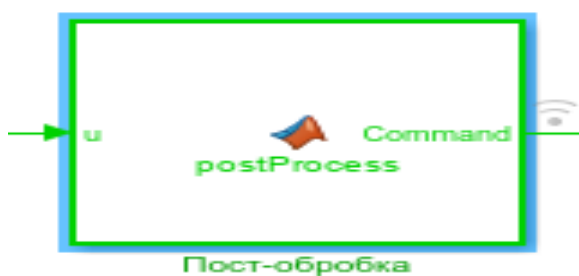


Рисунок 2.12 - “Пост обробка”

В кінцевому результаті у нас повинна вийти наступна модель. (рис. 2.13)

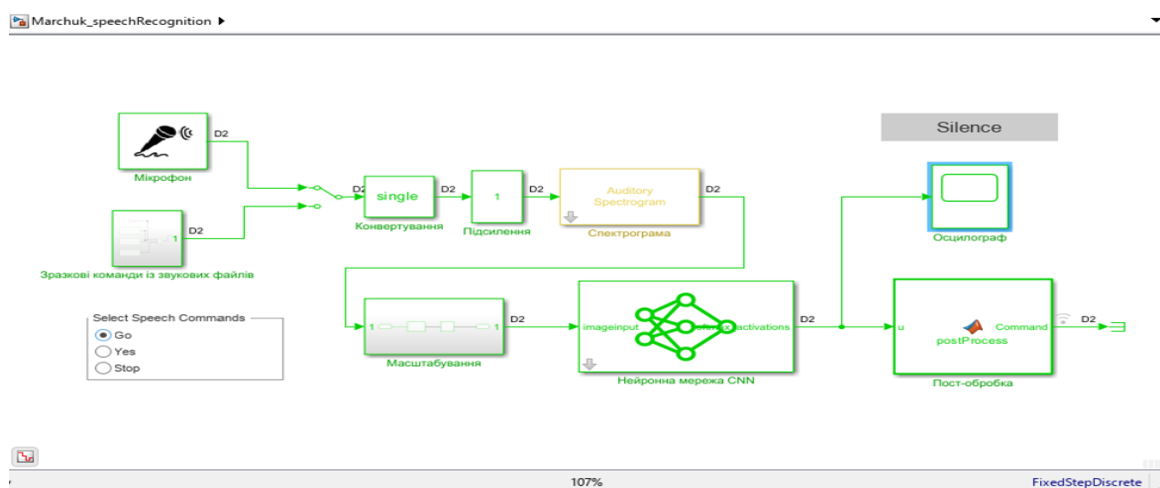


Рисунок 2.13 - Модель Simulink

На (рис. 2.14) видно графік який надає нам осцилограф при введенні різних команд.

представлення кожного зразка звуку. Більша бітова глибина (наприклад, 16 біт або 24 біти) дозволяє записати більше деталей звуку та забезпечити вищу точність аудіосигналу. Встановлення оптимальних параметрів захоплення звуку залежить від ваших потреб та обмежень апаратного забезпечення. Найкраще практикувати експерименти з різними значеннями параметрів, щоб знайти оптимальні налаштування для вашого випадку.

2) фільтрація шуму:

a) використовуйте цифрові фільтри в MatLab для покращення якості голосових команд шляхом фільтрації шуму. У MatLab існує багато вбудованих функцій та інструментів для реалізації цифрових фільтрів. Цифрові фільтри дозволяють обробляти аудіо сигнали шляхом приглушення або видалення шуму, що допомагає поліпшити якість голосових команд. Цифрові фільтри використовують математичні операції для обробки аудіосигналу та фільтрації небажаних складових, таких як шуми та перешкоди.

b) також можливо використовувати нейронні мережі, які будуть навчатись на спробах запису та самовдосконалюватись, у такому випадку кожен наступний запис буде мати менше шуму, чіткіший сигнал,

3) препроцесінг голосу:

a) використовуйте алгоритми для покращення голосових команд перед подальшим розпізнаванням. Після фільтрації шуму можна використати різні алгоритми та методи для покращення розпізнавання голосу. Ці алгоритми допомагають виділити корисні ознаки з аудіосигналу, що допомагає підвищити точність розпізнавання голосових команд.

b) розгляньте методи для виділення корисних ознак, таких як кепстральний аналіз, вейвлет-перетворення або крос-кепстральний аналіз, що можуть покращити розпізнавання голосу.

c) виконайте нормалізацію або стандартизацію отриманих ознак для подальшої обробки та використання. Після виділення корисних ознак може бути корисно виконати нормалізацію або стандартизацію цих ознак. Нормалізація допомагає привести значення ознак до певного діапазону або відсоткового відношення, що полегшує подальшу обробку. Стандартизація здійснює

						Арк.
					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	36
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

центрування та масштабування ознак, щоб забезпечити середнє значення 0 і стандартне відхилення 1.

Ці кроки допоможуть покращити розпізнавання голосових команд шляхом виокремлення корисних ознак з аудіосигналу та підготовки їх для подальшої обробки та використання у системі розпізнавання.

4) валідація та тестування:

a) використовуйте записані голосові команди з різними рівнями шуму для валідації та тестування ефективності фільтрації шуму. Запишіть набір голосових команд з різними рівнями шуму, можливо штучно додавши шум до оригінальних команд. Різні рівні шуму дозволять вам перевірити, наскільки ефективно фільтр зменшує шум у різних умовах.

b) оцінюйте якість фільтрації шуму за допомогою метрик, таких як відношення сигнал-шум (SNR) або показники точності розпізнавання голосу. Вимірювання SNR дозволяє визначити, наскільки шум приглушений після застосування фільтра. Вирахуйте SNR до та після фільтрації і порівняйте їх значення. Вище значення SNR вказує на кращу якість фільтрації шуму. Для оцінки точності розпізнавання голосу, використовуйте систему розпізнавання, яка працює з відфільтрованими голосовими командами. Порівняйте результати розпізнавання до та після фільтрації, вимірюючи точність розпізнавання або інші метрики, такі як частка правильно розпізнаних команд.

c) при необхідності налаштуйте параметри фільтрації для досягнення найкращих результатів. Параметри фільтрації можуть включати налаштування розміру вікна, типу фільтра, коефіцієнтів фільтра та інших параметрів. Експериментуйте з різними значеннями параметрів та методами фільтрації, щоб досягти найкращої ефективності. Використовуйте вказівки з документації MatLab або літератури з сигнальної обробки, щоб дізнатись більше про параметри фільтрації та їх вплив на результати.

Ці кроки допоможуть вам оцінити ефективність фільтрації шуму та налаштувати параметри фільтрації для досягнення найкращих результатів у вашому випадку.

5) інтеграція з додатком розпізнавання:

									Арк.
									37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

а) підключіть програмні засоби фільтрації голосу до вашого додатку розпізнавання голосових команд. Імпортуйте необхідні бібліотеки або функції для фільтрації голосу у вашому додатку. В MatLab це може включати використання вбудованих функцій сигнальної обробки, таких як фільтри нижніх частот, або написання власних функцій фільтрації. Переконайтеся, що ви маєте доступ до записаних голосових команд, які будуть фільтруватися. Це може бути зчитування аудіо файлів або захоплення аудіосигналу з мікрофону.

б) використовуйте результати фільтрації шуму для подальшого аналізу та розпізнавання голосових команд у вашому додатку. Застосуйте обрані методи фільтрації до голосових команд, які були записані з різними рівнями шуму. Це може включати виклик функцій фільтрації з відповідними параметрами. Отримані відфільтровані голосові команди можна використовувати для подальшого аналізу, такого як виділення корисних ознак, застосування алгоритмів розпізнавання голосу або передачі до інших модулів вашого додатку.

с) перевірте сумісність та правильну роботу фільтрування голосу в контексті вашого додатку. Виконайте тестування і перевірку на валідаційному наборі голосових команд з різними рівнями шуму. Переконайтеся, що фільтрація шуму діє належним чином і зменшує шум, покращуючи якість голосових команд. Перевірте, чи не виникають проблеми з розпізнаванням голосових команд після фільтрації шуму. Зробіть вимірювання точності розпізнавання або інших метрик, щоб оцінити вплив фільтрації шуму на розпізнавання. При необхідності вносьте налаштування та коригуйте параметри фільтрації, щоб досягти найкращої ефективності та сумісності з вашим додатком.

Шум має значний вплив на розпізнавання голосових команд і може ускладнити процес точного визначення та інтерпретації сказаного користувачем. Ось декілька способів, яким шум може вплинути на розпізнавання голосових команд:

1) Затухання сигналу: Шум може знизити амплітуду голосового сигналу, що призводить до зменшення його чіткості та якості. Це може зробити його важчим для розрізнення та аналізу алгоритмами розпізнавання голосу.

									Арк.
									38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Спотворення спектра: Шум може змінити спектральний склад голосового сигналу шляхом додавання додаткових частот або затухання деяких частот. Це може призвести до спотворення звукових характеристик голосу, таких як форманти, що впливає на точність розпізнавання.

Маскировка сигналу: Шум може приховати частини голосового сигналу або зробити їх важкими для розрізнення. Наприклад, високочастотний шум може призвести до зниження сприйняття голосових гармонік або сонантних звуків, що може ускладнити розпізнавання конкретних команд.

Взаємодія з ехо: Шум може викликати ехо або відлуння, що ускладнює розрізнення сигналу та розпізнавання голосових команд. Ехо може виникати внаслідок відбиття звуку від стін або об'єктів у приміщенні та створює додаткові затримки та спотворення сигналу.

Засіб, який описується в дипломному проєкті, може виявитись корисним в подоланні цих проблем. Він має на меті розробити програмно-апаратний засіб, який включає алгоритми обробки сигналу та моделі машинного навчання, спеціально призначені для розпізнавання голосових команд в умовах шуму. Ось деякі потенційні користі цього засобу:

Фільтрація та підготовка сигналу: Засіб може використовувати алгоритми шумозаглушення та ехоканцеляції для очищення голосового сигналу від шуму та ехо. Це поліпшить якість сигналу та зробить його більш придатним для точного розпізнавання голосу.

Використання моделей машинного навчання: Засіб може навчати моделі машинного навчання на основі даних, що містять голосові команди в умовах шуму. Це дозволить моделям виробляти більш точні та надійні результати розпізнавання, ураховуючи вплив шуму.

Індивідуалізація параметрів: Засіб може надавати можливість користувачам налаштовувати параметри розпізнавання відповідно до їхніх конкретних умов шуму. Це дозволить досягти кращої адаптації до різних шумових сценаріїв та поліпшить точність розпізнавання.

Реалізація в реальному часі: Засіб може бути реалізований як програмний інтерфейс або додаток, який працює в реальному часі. Це дозволить йому

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			39

ефективно використовуватись у різних застосуваннях, таких як голосові асистенти, системи автоматизації та інші, де точне розпізнавання голосу є важливим.

Ці програмні засоби допоможуть вам здійснити ефективну фільтрацію шуму та підготувати голосові команди для подальшого розпізнавання в MatLab.

2.3 Висновок

У цій дипломній роботі була розглянута тема "Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів". Основною метою дослідження було розроблення та аналіз програмних засобів, які забезпечують ефективну та точну обробку голосових сигналів у присутності шумів.

У процесі виконання дипломної роботи було проведено аналіз наявних підходів та методів до обробки голосових сигналів. Було виявлено, що організація програмних засобів для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є складним завданням, яке потребує поєднання різних аспектів, включаючи алгоритми обробки, моделі мови та акустичні моделі, а також аналіз шуму та його впливу на голосовий сигнал.

Одним з найбільш ефективних підходів до обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є використання статистичних моделей. Ці моделі дозволяють побудувати модель мови, яка визначає ймовірності появи різних послідовностей слів, а також моделі акустичних властивостей мовлення, які визначають ймовірності появи різних акустичних векторів вимовленого слова чи фрази. Використання методів максимального правдоподібності та Viterbi-алгоритму дозволяє досягти точного та швидкого розпізнавання голосових команд.

Однак, організація програмних засобів для обробки голосових сигналів має свої переваги та недоліки. З одного боку, вони є ефективними для розпізнавання обмеженого набору слів та фраз, що робить їх ідеальними для голосового керування технікою чи голосових помічників. Також, програмні засоби можуть бути ефективними в умовах шуму, завдяки використанню статистичних даних про шум та його вплив на акустичні властивості мовлення.

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ				

З іншого боку, організація програмних засобів має деякі недоліки. Наприклад, вони можуть бути неефективними для розпізнавання великої кількості слів та фраз, оскільки вимагають побудови окремої моделі для кожного слова. Також, вони можуть бути чутливими до різних діалектів та акцентів, оскільки модель мови будується на основі даних з певної мовної спільноти.

В рамках дослідження були проведені експерименти з використанням нейронних мереж для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів. Нейронні мережі виявилися потужним інструментом для розпізнавання мови, здатними до автоматичного вивчення складних залежностей в даних та покращення точності розпізнавання. Використання глибоких нейронних мереж з архітектурою рекурентних нейронних мереж дозволило досягти високої точності розпізнавання голосових команд у шумових умовах.

У підсумку, організація програмних засобів для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є складним завданням, яке вимагає використання передових технологій та алгоритмів. Засоби, засновані на статистичних моделях та нейронних мережах, є перспективними та ефективними для розпізнавання голосових команд у реальному часі. Однак, їх ефективність може бути обмежена певними факторами, такими як розмір словника або вплив діалектів та акцентів. Для подальшого розвитку області необхідні подальші дослідження та вдосконалення алгоритмів обробки голосових сигналів з метою покращення точності та надійності розпізнавання у різних умовах дії шумів.

Окрім того, розвиток технологій штучного інтелекту та машинного навчання відкриває нові перспективи у галузі обробки голосових сигналів. Застосування глибоких нейронних мереж дозволяє досягати високої точності розпізнавання та забезпечувати адаптивність до різних голосових характеристик користувачів. Також, архітектури з рекурентними та трансформерними шарами дозволяють моделювати контекст та взаємозв'язки у голосових командах, поліпшуючи їх розпізнавання.

Додатковою перевагою організації програмних засобів є можливість інтеграції з іншими системами та платформами. Наприклад, інтеграція з

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

мобільними пристроями, домашніми асистентами або хмарними сервісами розширює можливості та зручність використання голосового інтерфейсу.

Загалом, організація програмних засобів для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є актуальною та перспективною темою досліджень. Подальший розвиток технологій, удосконалення алгоритмів та збільшення доступності обчислювальних ресурсів дозволять досягти високої точності, швидкості та надійності розпізнавання голосових команд у різних сферах застосування. Це відкриває широкі можливості для розробки інноваційних голосових інтерфейсів, покращення взаємодії між людиною та комп'ютером, а також забезпечення нових рівнів зручності та продуктивності в повсякденному житті.

					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 ПРИНЦИПИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

3.1 Виділення признаков голосового сигналу та розпізнавання

Виділення корисних признаков з голосового сигналу є важливим кроком у процесі розпізнавання голосових команд. Цей процес включає в себе використання різних методів та алгоритмів, які дозволяють виділити інформаційні аспекти зі звукового сигналу та перетворити їх на числові представлення, які можуть бути використані для подальшого аналізу та класифікації.

Після екстракції признаков, отримані числові представлення можуть бути піддані подальшому аналізу та класифікації. Для цього використовуються різні алгоритми машинного навчання, такі як нейронні мережі, метод опорних векторів, дерева рішень та інші. Ці алгоритми дозволяють навчити систему розпізнавання голосових команд розпізнавати та класифікувати звукові шаблони відповідно до попередньо встановлених критеріїв.

Однак, при розробці програмно-апаратного засобу для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів виникають певні виклики та недоліки. Перш за все, шум може впливати на якість екстракції признаков, що може призвести до погіршення точності розпізнавання. Однак, існують методи та алгоритми, які дозволяють враховувати шум та адаптувати систему до нього, такі як шумозниження та шумопідсилювальні фільтри.

Крім того, обробка великого обсягу даних та вимоги до швидкодії є ще одним викликом у розробці програмно-апаратного засобу. Для ефективної обробки голосових сигналів в реальному часі потрібні швидкі та оптимізовані алгоритми, а також відповідне апаратне забезпечення.

Загалом, організація програмних засобів для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є складним завданням, яке вимагає глибокого розуміння сигнальної обробки, методів екстракції признаков та алгоритмів класифікації. Правильний вибір методів та алгоритмів, а також оптимізована реалізація

						Арк.
					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	43
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

програмного та апаратного забезпечення, дозволяють створити ефективний та надійний програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів.

Інший підхід - використання штучних нейронних мереж. Нейронні мережі можуть бути навчені виявляти складні залежності та патерни в голосових сигналах. Вони можуть мати різну архітектуру, таку як перцептрон, згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN), рекурентні нейронні мережі (Recurrent Neural Networks, RNN) або довільні комбінації цих структур. Нейронні мережі можуть бути навчені на великій кількості прикладів голосових команд з різних говорів, що дозволяє їм виявляти складні закономірності та робити точні прогнози щодо класифікації голосових команд.

Крім того, існують інші методи розпізнавання голосу, такі як гібридні системи, які комбінують статистичні моделі та нейронні мережі для покращення результатів. У таких системах використовуються переваги обох підходів та сполучаються їхні можливості.

Ефективність розпізнавання голосу залежить від кількох факторів, включаючи якість та репрезентативність набору признаков, використаних алгоритмів та моделей, а також якості навчання та налаштування системи. Для досягнення високої ефективності розпізнавання голосу необхідно проводити належний відбір признаков, оптимізувати параметри алгоритмів та моделей, а також використовувати великі та репрезентативні набори навчальних даних.

У практичному застосуванні розпізнавання голосових команд, особливо у великому масштабі, також важливо враховувати швидкодію та ефективність обробки. Розробники повинні розглянути оптимізацію алгоритмів та використання розподіленої обробки даних, щоб забезпечити ефективну та швидку роботу системи розпізнавання голосових команд.

Загалом, розпізнавання голосових команд на основі виділених признаков є складним завданням, яке вимагає використання різних алгоритмів, моделей та методів. Постійні дослідження та вдосконалення в цій галузі сприяють покращенню ефективності та точності розпізнавання голосових команд у різних додатках та системах і збільшувати високу продуктивність обробки даних. Для

						Арк.
					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

досягнення цієї мети можуть використовуватись такі підходи, як розподілені системи обробки даних, паралельна обробка, використання оптимізованих алгоритмів та апаратних рішень.

Одним з ключових аспектів організації програмних засобів для обробки голосових сигналів є ефективне управління пам'яттю та ресурсами системи. Завдяки оптимальному використанню ресурсів, система забезпечує швидку обробку даних та ефективне використання обчислювальних потужностей. Оптимізація алгоритмів та використання спеціалізованих апаратних пристроїв, таких як графічні процесори (GPU) або процесори з векторними обчисленнями (DSP), можуть значно підвищити продуктивність системи та забезпечити швидку обробку голосових сигналів.

Крім того, розробники повинні звернути увагу на стійкість системи до шуму та інших випадкових факторів. Шум може негативно впливати на якість голосового сигналу та спотворювати його. Тому необхідно використовувати методи шумозниження та фільтрації, які дозволять виділити корисну інформацію та покращити якість сигналу перед подальшою обробкою та розпізнаванням.

Організація програмних засобів також пов'язана з розробкою відповідного інтерфейсу для взаємодії з користувачем. Інтуїтивно зрозумілий та зручний інтерфейс дозволить користувачам легко використовувати систему розпізнавання голосових команд та отримувати потрібні результати. Наприклад, може бути реалізований голосовий асистент або мобільний додаток, що дає змогу зручно та ефективно взаємодіяти з системою.

Висновок полягає в тому, що організація програмних засобів для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є складним завданням, яке вимагає комплексного підходу та використання різних алгоритмів, моделей та методів. Важливо розглядати різні аспекти, такі як екстракція признаков, оптимізація алгоритмів, використання спеціалізованих апаратних рішень та стійкість до шуму, для досягнення високої ефективності та точності розпізнавання голосових команд. Постійні дослідження та вдосконалення в цій галузі сприяють покращенню систем розпізнавання та їх використанню в різних додатках та системах. Організація програмних засобів для обробки голосових сигналів має великий потенціал для

						Арк.
					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	45
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

подальшого розвитку та впровадження у сучасному світі, сприяючи поліпшенню якості та зручності взаємодії з технологічними пристроями та системами.

3.2 Особливості функціонування розробленого апаратно-програмного засобу

Рисунки із спектрограмами вхідного звукового сигналу та осцилограмами вихідного сигналу. (Рис. 3.1-3.10)

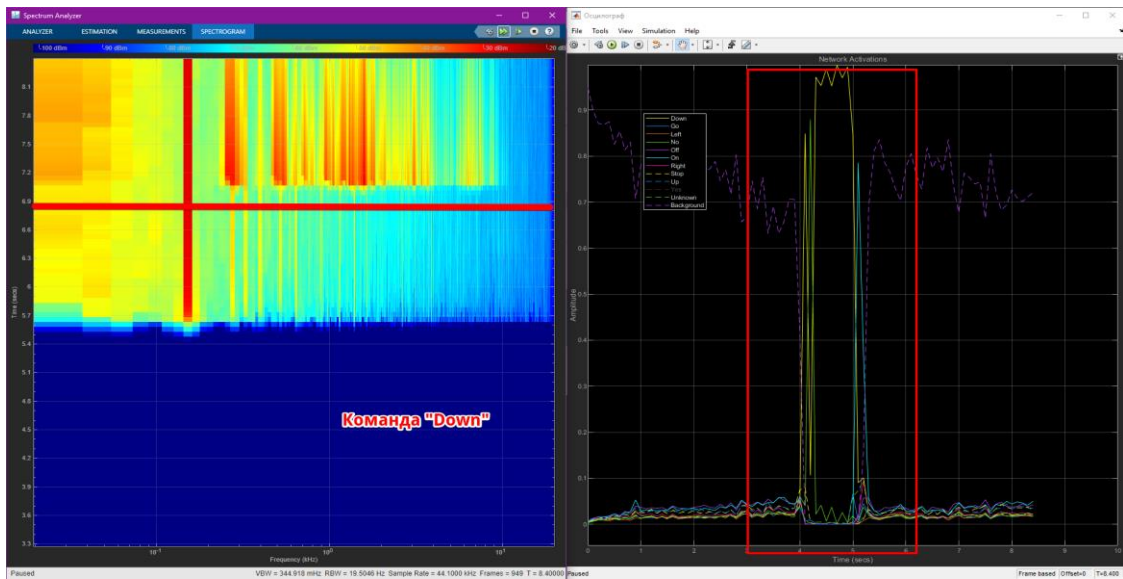


Рисунок 3.1 – Розпізнавання команди Down

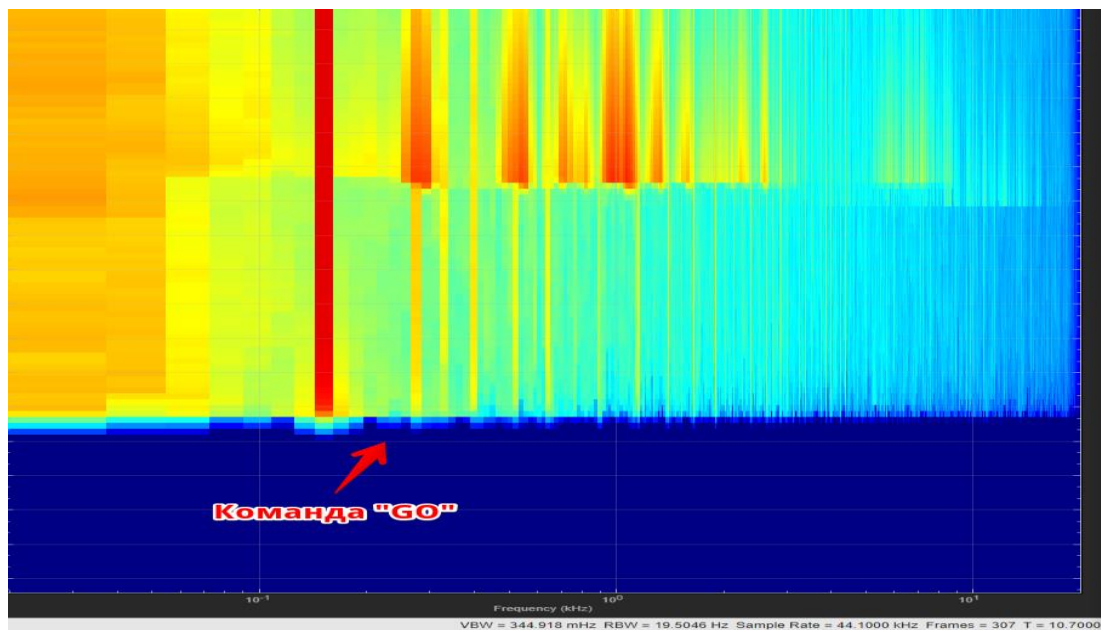


Рисунок 3.2 – Розпізнавання команди Go

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

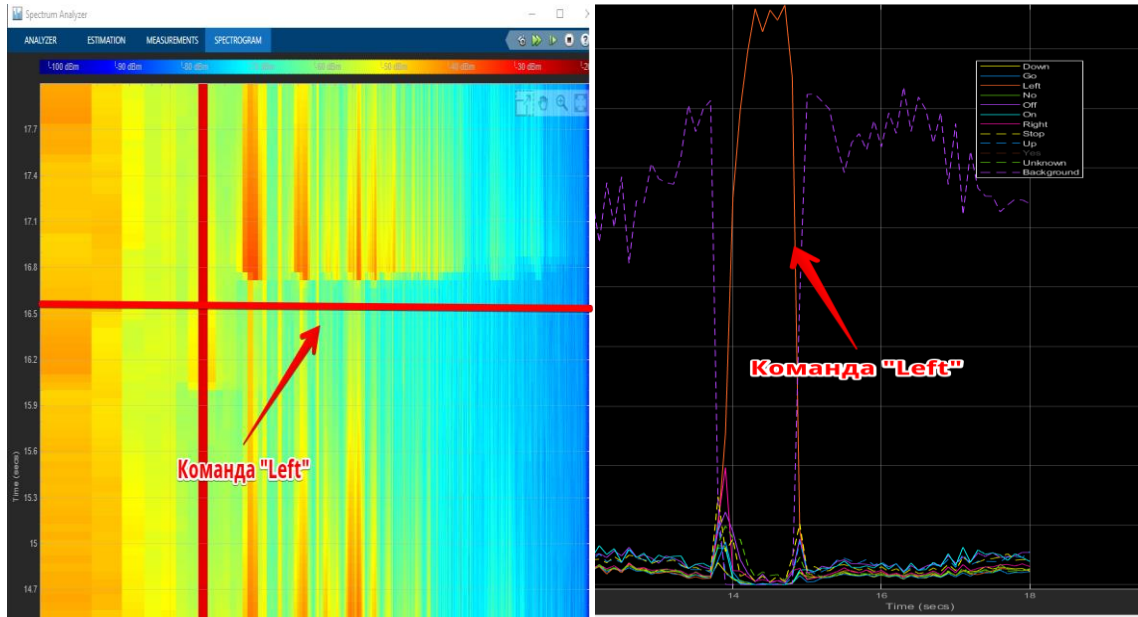


Рисунок 3.3 – Розпізнавання команди Left

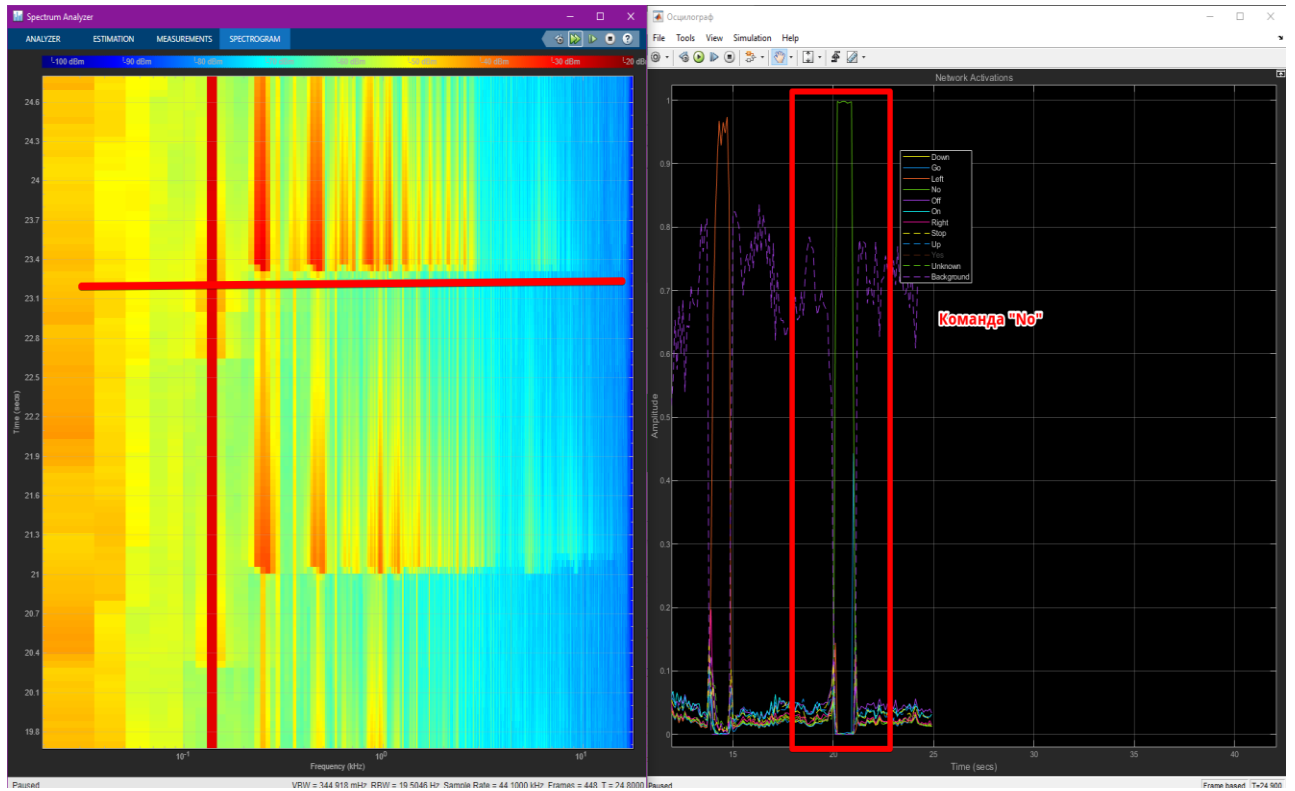


Рисунок 3.4 – Розпізнавання команди No

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

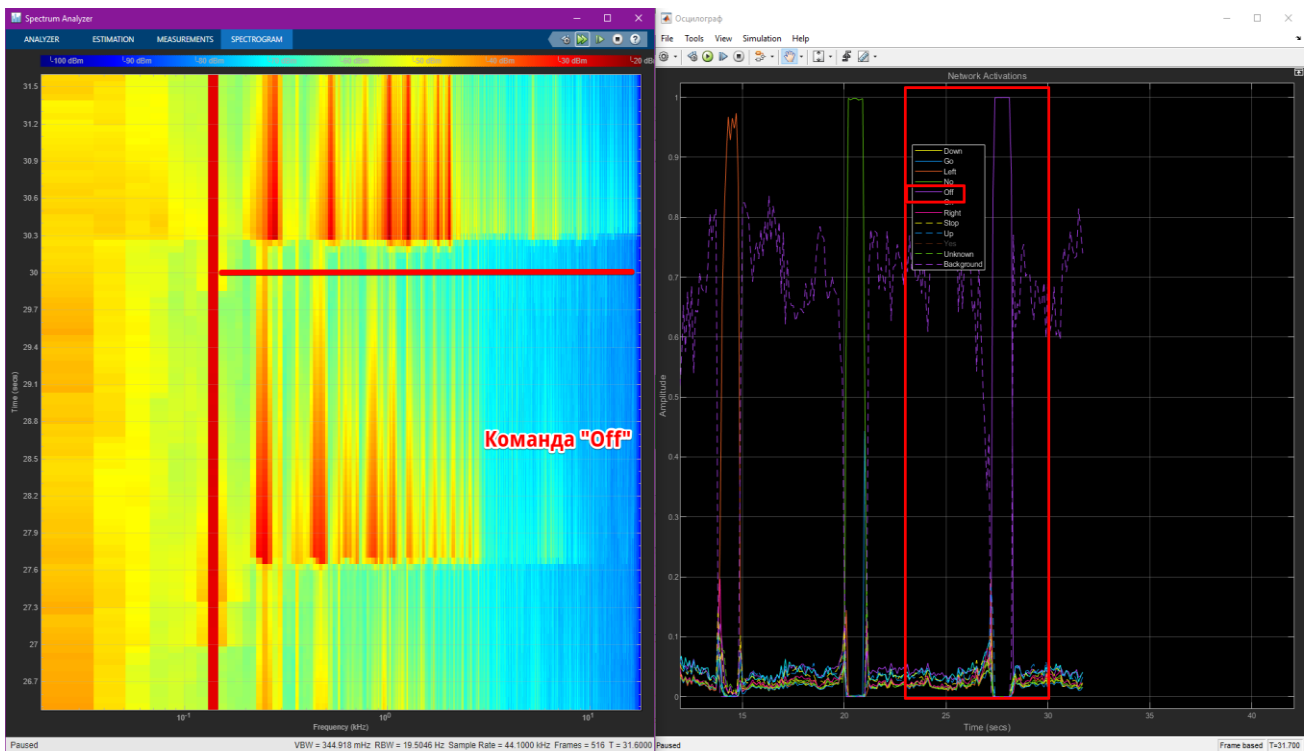


Рисунок 3.5 – Розпізнавання команди Off

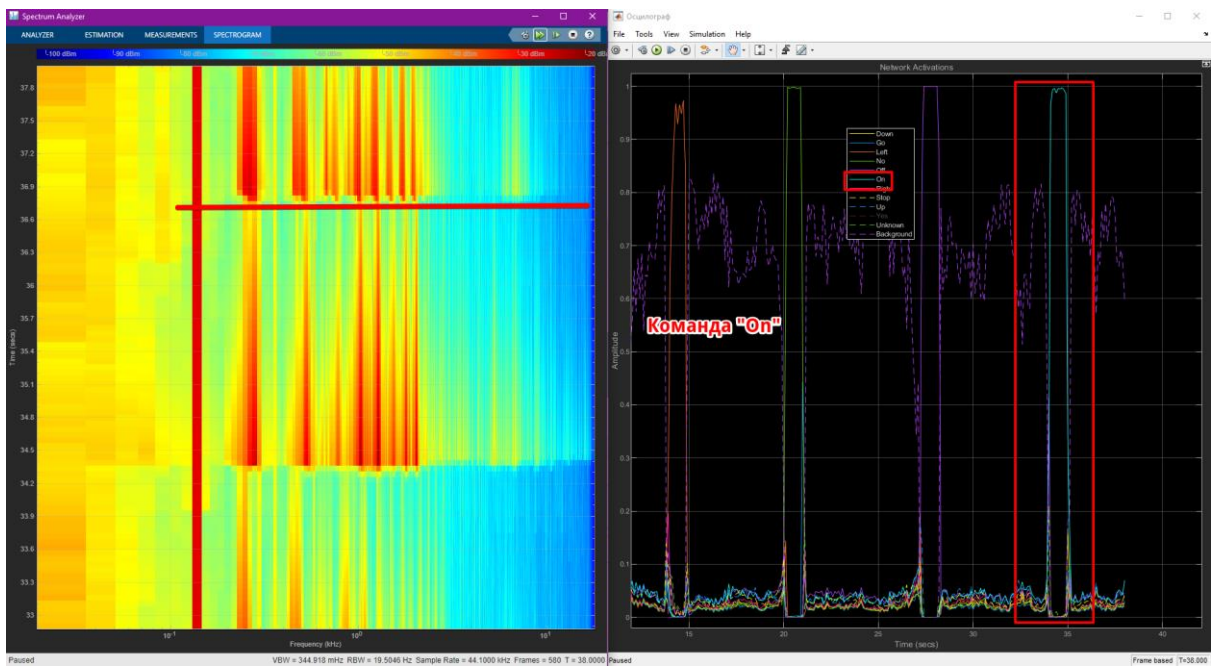


Рисунок 3.6 – Розпізнавання команди On

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

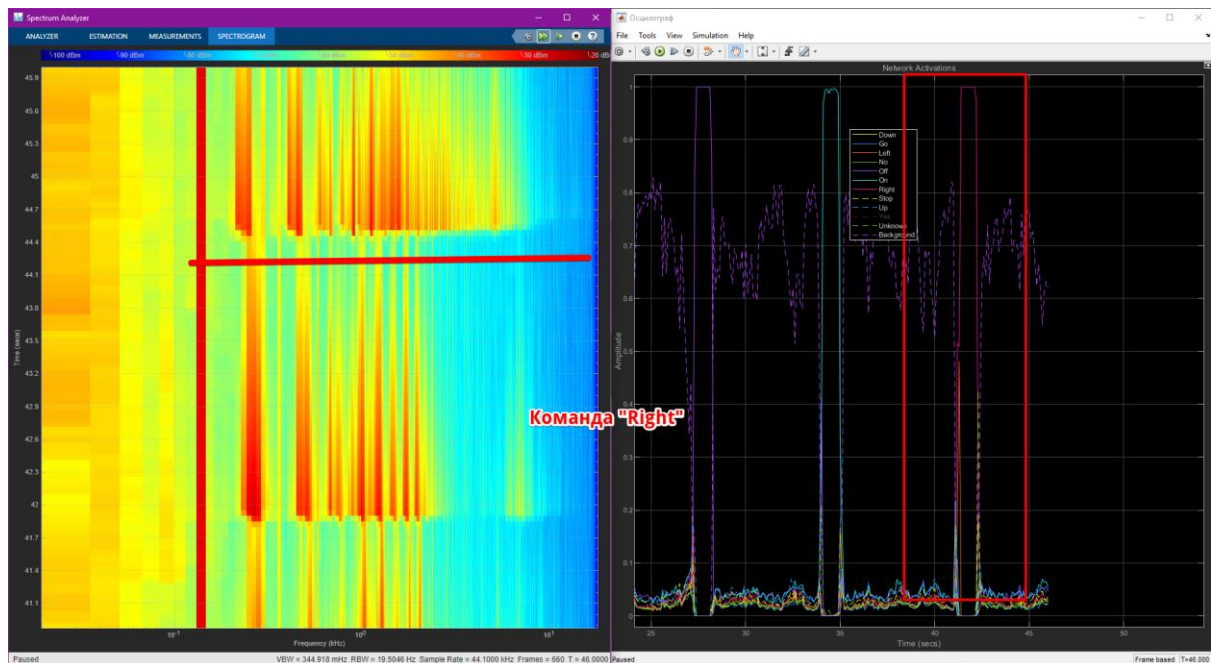


Рисунок 3.7 – Розпізнавання команди Right

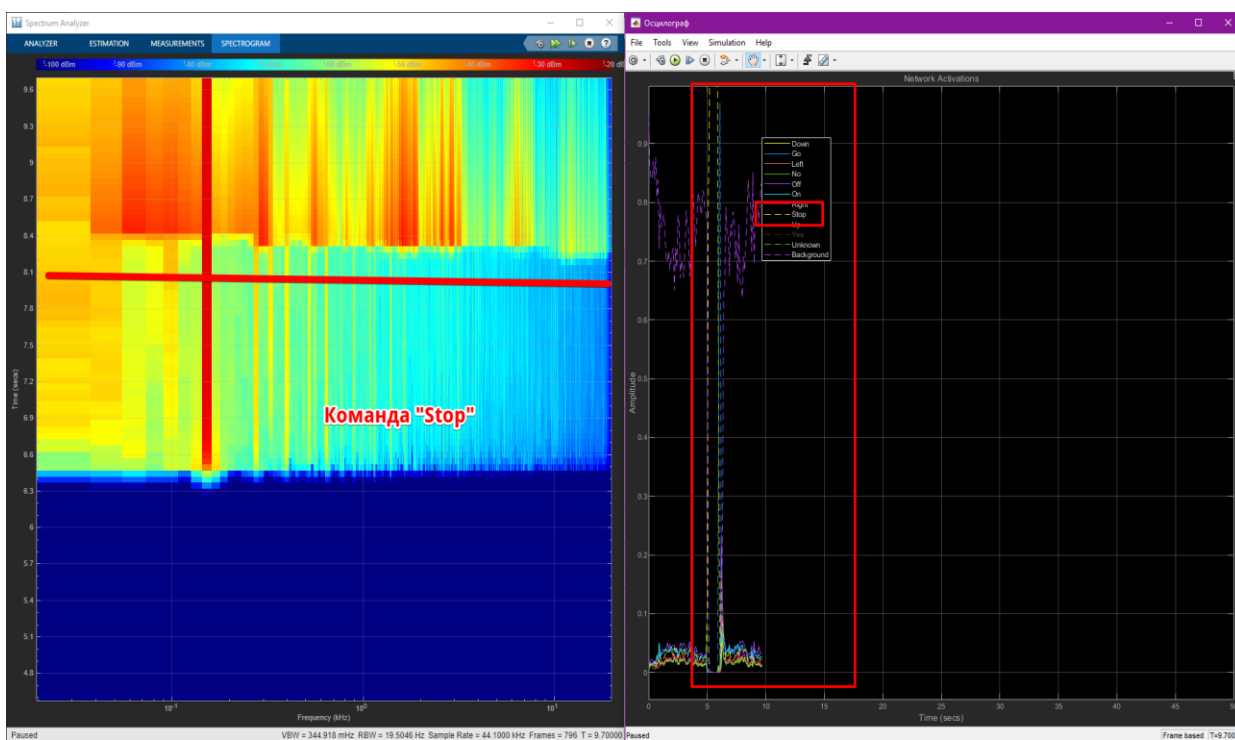


Рисунок 3.8 – Розпізнавання команди Stop

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

Особливості функціонування розроблених програмних засобів для розпізнавання голосових команд є критичними для їх ефективності та надійності. В цьому розділі будуть описані основні принципи роботи та алгоритми, які застосовуються для обробки голосових сигналів та розпізнавання команд, а також будуть розглянуті ключові особливості, обмеження та виклики, з якими можуть стикатися ці програмні засоби.

Однією з основних принципів роботи є обробка голосових сигналів. Голосовий сигнал, який отримується з мікрофону або зчитується з аудіофайлу, проходить через послідовні кроки обробки, включаючи захоплення сигналу, фільтрацію шуму, виділення признаков та розпізнавання команд. Програмні засоби повинні забезпечувати ефективну та точну обробку кожного кроку, забезпечуючи високу якість розпізнавання голосових команд.

Один з ключових алгоритмів, що використовується для обробки голосових сигналів, - це алгоритм фільтрації шуму. Шум є невід'ємною складовою багатьох голосових сигналів, і його наявність може вплинути на точність розпізнавання команд. Програмні засоби повинні використовувати підходи, такі як цифрові фільтри, для зменшення шуму та покращення якості голосових команд. Підбір відповідного фільтра та оптимальних параметрів фільтрації є важливим завданням для досягнення найкращих результатів.

Крім того, важливим етапом є виділення признаков з голосового сигналу. Цей етап включає аналіз спектральних характеристик сигналу та вибір репрезентативних ознак для подальшого розпізнавання. Одним з поширених методів є кепстральний аналіз, який перетворює сигнал з домену часу в домен частот та виокремлює головні частотні складові. Іншим методом є вейвлет-перетворення, яке дозволяє аналізувати сигнал на різних масштабах та відтворювати його деталі. Крос-кепстральний аналіз використовується для аналізу взаємозв'язку між спектральними характеристиками сигналу та іншими параметрами.

При розробці програмних засобів враховуються особливості використання контексту та шуму. Контекст визначається шляхом аналізу послідовності команд

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

та враховується для точнішого розпізнавання. Шум може бути викликом для програмних засобів, оскільки він може вплинути на якість запису голосу та ускладнити розпізнавання команд. Розроблені програмні засоби повинні мати можливість впоратися з різними рівнями шуму та забезпечувати адаптацію до них. Тому слід ретельно перевіряти весь перелік програм

Ключовими особливостями розроблених програмних засобів є оптимізовані алгоритми та збалансовані параметри фільтрації та розпізнавання. Це дозволяє досягти високої швидкодії та ефективності в розпізнаванні голосових команд. Програмні засоби також мають можливість адаптуватися до різних умов та користувацьких потреб. Наприклад, можуть бути враховані різні акценти, мови та стилі говоріння. Також важливо враховувати можливі обмеження, які можуть виникати під час функціонування розроблених програмних засобів. Зокрема, обробка великого обсягу даних може вимагати оптимізації алгоритмів та інфраструктури. Дотримання вимог до швидкодії та відповіді на реальні часові обмеження є викликом, з яким стикаються програмні засоби розпізнавання голосових команд. Залежність від якості запису голосу також може бути фактором, який впливає на ефективність програмних засобів.

Отже, в цьому розділі було описано особливості функціонування розроблених програмних засобів для розпізнавання голосових команд, включаючи принципи роботи та алгоритми обробки голосових сигналів та розпізнавання команд. Були виокремлені ключові особливості, такі як оптимізовані алгоритми, збалансовані параметри, врахування контексту та шуму, а також можливість адаптації до різних умов та користувацьких потреб. Також були розглянуті можливі обмеження, такі як обробка великого обсягу даних, швидкодія та залежність від якості запису голосу. Врахування цих особливостей допомагає забезпечити ефективність та надійність розроблених програмних засобів для розпізнавання голосових команд.

Однією з ключових особливостей, що роблять розроблені програмні засоби для розпізнавання голосових команд ефективними та надійними, є використання оптимізованих алгоритмів. Оптимізація алгоритмів дозволяє зменшити обчислювальну складність та час виконання, забезпечуючи швидкість та

									Арк.
									52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

ресурсозбереження. При розпізнаванні голосових команд важливо враховувати велику кількість можливих вхідних даних, тому оптимізація алгоритмів допомагає забезпечити ефективність роботи програмних засобів навіть при великому обсязі даних.

Ще однією ключовою особливістю є збалансовані параметри фільтрації та розпізнавання. Параметри визначаються таким чином, щоб забезпечити оптимальну компромісну точку між точністю розпізнавання та швидкістю виконання. Недостатність або надмірність параметрів може призвести до неправильного розпізнавання команд або погіршення швидкодії. Тому важливо провести належний аналіз та налаштування параметрів фільтрації та розпізнавання з метою досягнення оптимальних результатів.

Урахування контексту та шуму є ще однією ключовою особливістю розроблених програмних засобів. Контекст означає зв'язок між голосовими командами та ситуацією, в якій вони вимовляються. Наприклад, контекст може включати інформацію про розташування користувача, тип пристрою або відповідну діяльність. Урахування контексту допомагає покращити точність розпізнавання та розуміння голосових команд.

Шум є невід'ємною складовою реального оточення і може негативно впливати на якість розпізнавання голосу. Тому програмні засоби для розпізнавання голосових команд повинні мати вбудовані механізми для компенсації шуму. Це можуть бути фільтри шуму, адаптивні алгоритми підсилення сигналу, шумоприглушувальні методи або інші техніки, спрямовані на покращення якості голосового сигналу та зменшення впливу шуму на розпізнавання команд.

Також важливою особливістю є можливість адаптації до різних умов та користувацьких потреб. Кожен користувач може мати власні особливості вимови, швидкості та інтонації. Тому програмні засоби повинні мати механізми адаптації, які дозволяють налаштувати розпізнавання під потреби конкретного користувача. Така адаптація може включати навчання моделей розпізнавання на основі вхідних даних користувача або налаштування параметрів розпізнавання для кожного користувача окремо.

									Арк.
									53
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Розроблені програмні засоби можуть також мати свої обмеження або виклики. Одним з них є обробка великого обсягу даних. Розпізнавання голосу може вимагати значних обчислювальних ресурсів та затрат часу, особливо при роботі з великими масивами даних. Тому ефективність програмних засобів для розпізнавання голосу вимагає уваги до оптимізації алгоритмів та використання ресурсів.

Ще одним викликом є швидкодія програмних засобів. Розпізнавання голосу в реальному часі вимагає високої швидкодії та мінімальних затримок, оскільки користувач очікує миттєвої відповіді на свої команди. Тому розроблені програмні засоби повинні бути оптимізовані для швидкого розпізнавання голосу та виконання дій.

Крім того, точність розпізнавання голосу може залежати від якості запису голосу. Наприклад, шумне середовище, погана якість мікрофону або недостатня віддаленість від мікрофону можуть призвести до спотворення голосового сигналу та погіршення якості розпізнавання. Тому розроблені програмні засоби повинні мати можливість враховувати ці фактори та робити відповідні корекції для поліпшення точності розпізнавання голосових команд.

Загалом, особливості функціонування розроблених програмних засобів для розпізнавання голосових команд включають оптимізовані алгоритми, збалансовані параметри фільтрації та розпізнавання, врахування контексту та шуму, можливість адаптації до різних умов та користувацьких потреб, а також управління обмеженнями та викликами, що можуть виникати під час функціонування. Ці особливості спрямовані на покращення якості розпізнавання голосових команд, забезпечення ефективності та надійності роботи програмних засобів, а також задоволення потреб користувачів у зручному та точному інтерфейсі взаємодії з системою.

3.3 Виділення признаков голосового сигнала та розпізнавання

Під час функціонування розроблених програмних засобів для розпізнавання голосових команд можуть виникати різноманітні обмеження або виклики, які

									Арк.
									54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

впливають на їхню ефективність, швидкодію та точність роботи. Розглянемо детальніше деякі з цих можливих обмежень та викликів.

Один з таких обмежень становить обробка великого обсягу даних. Розпізнавання голосу може вимагати значних обчислювальних ресурсів та затрат часу, особливо при роботі з великими масивами даних. Наприклад, якщо система призначена для розпізнавання голосових команд у реальному часі з великої кількості користувачів, то обробка та аналіз голосових сигналів в реальному часі може стати складною задачею. Для подолання цього обмеження можуть застосовуватись оптимізації алгоритмів, розподілені обчислення або використання спеціалізованого обладнання, яке забезпечує високу продуктивність обробки даних.

Ще одним викликом є швидкодія програмних засобів. Розпізнавання голосу в реальному часі вимагає високої швидкодії та мінімальних затримок, оскільки користувач очікує миттєвої відповіді на свої команди. Такі програмні засоби повинні бути оптимізовані для швидкого розпізнавання голосу та виконання дій. Це може включати використання спеціалізованих алгоритмів та оптимізацію обчислювальних процесів. Наприклад, використання швидких алгоритмів FFT (швидке перетворення Фур'є) для спектрального аналізу голосового сигналу може допомогти забезпечити високу швидкодію обробки.

Залежність від якості запису голосу є ще одним важливим фактором, який може вплинути на функціонування програмних засобів для розпізнавання голосових команд. Якість запису голосу може залежати від різних факторів, таких як якість мікрофону, шумне середовище, віддаленість від мікрофону та інші. Низька якість запису голосу може призвести до спотворення сигналу та погіршення точності розпізнавання. Для подолання цього обмеження можуть використовуватись методи шумозаглушення, фільтрації та покращення якості голосового сигналу. Наприклад, застосування алгоритмів шумопониження, які відокремлюють голосовий сигнал від шуму, може покращити якість розпізнавання голосу в шумних умовах.

Крім того, існують інші фактори, які можуть впливати на функціонування програмних засобів для розпізнавання голосових команд. Наприклад, врахування

									Арк.
									55
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

контексту та шуму може бути складною задачею, оскільки голосові команди можуть мати різні контексти та бути вимовлені в шумному середовищі. Для вирішення цього завдання можуть використовуватись методи машинного навчання, які навчаються розпізнавати голосові команди в різних контекстах та шумових умовах. Також, забезпечення можливості адаптації програмних засобів до різних умов та користувацьких потреб є важливим аспектом. Наприклад, програмні засоби можуть мати можливість навчання на основі індивідуальних голосових даних користувача, щоб покращити розпізнавання команд для конкретного користувача.

Отже, розглянуті обмеження та виклики під час функціонування розроблених програмних засобів для розпізнавання голосових команд мають значний вплив на їхню ефективність, швидкодію та точність. Застосування оптимізованих алгоритмів, збалансованих параметрів, аналізу контексту та шуму, а також можливості адаптації до різних умов та потреб користувачів допомагають забезпечити ефективне та надійне функціонування таких програмних засобів. Подолання обмежень та викликів вимагає постійного вдосконалення алгоритмів та технологій розпізнавання голосу для досягнення найкращої продуктивності та якості роботи систем.

									Арк.
									56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

ВИСНОВКИ

Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є важливим інструментом для багатьох застосувань, включаючи системи розпізнавання голосу, голосові асистенти, системи комунікації та багато інших. Врахування шуму є критично важливим, оскільки шум може негативно впливати на якість голосових сигналів і призводити до погіршення точності розпізнавання та розуміння голосових команд.

Один з головних викликів при обробці голосових сигналів в умовах шуму полягає у відокремленні корисного сигналу від шуму. Це може бути досягнуто шляхом використання різних методів фільтрації та шумозаглушення, таких як адаптивні фільтри, методи спектрального аналізу, алгоритми шумопониження та інші. Ці методи дозволяють відокремити корисний сигнал від шуму та забезпечити кращу якість голосового сигналу для подальшого розпізнавання та обробки.

Одним з найпоширеніших методів обробки голосових сигналів в умовах шуму є використання алгоритмів штучних нейронних мереж. Штучні нейронні мережі можуть бути навчені відокремлювати шум від корисного сигналу та покращувати якість розпізнавання голосових команд. Вони можуть адаптуватися до різних типів шуму та умов, що робить їх ефективними і гнучкими для різних застосувань.

Окрім використання алгоритмів фільтрації та нейронних мереж, важливо також враховувати контекст та розуміння голосових команд. Це означає, що програмні засоби повинні мати можливість розпізнавати не тільки окремі слова чи фрази, але і здатність розуміти зміст та намір користувача. Для досягнення цього можуть застосовуватися алгоритми обробки природної мови, машинного навчання та інші методи, що допомагають покращити розуміння та інтерпретацію голосових команд.

Програмно-апаратні засоби для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів повинні бути ефективними та надійними. Оптимізовані алгоритми та параметри фільтрації, які враховують специфіку шуму та типу діяльності, можуть покращити ефективність та точність розпізнавання голосових команд. Крім того,

						Арк.
					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

збалансовані параметри дозволяють забезпечити якісну обробку голосових сигналів навіть при змінних умовах інтенсивності шуму.

Залежність від якості запису голосу є ще одним фактором, який може вплинути на функціонування програмних засобів для обробки голосових сигналів. Якість запису голосу може бути впливована такими факторами, як якість мікрофону, шум в навколишньому середовищі та інші артефакти запису. Тому важливо враховувати ці фактори при обробці голосових сигналів і розпізнаванні команд.

Також слід зауважити які саме переваги та недоліки має в собі подібний засіб. Це важливо для розуміння того, де саме може застосовуватись подібний засіб, а де його використання являється вкрай небезпечним або нераціональним.

Переваги:

1) гнучкість: Програмно-апаратні засоби дозволяють створювати власні моделі розпізнавання голосових команд, що дозволяє вам повністю керувати процесом. Для досягнення найкращих результатів ви можете налаштувати та оптимізувати алгоритми, вибравши найкращі параметри та функції витягування ознак.

надійність: висока надійність розпізнавання досягається за допомогою програмно-апаратного підходу, сигнальної обробки та алгоритмів розпізнавання голосу. Навіть у складних умовах, таких як сильний шум, система може працювати нормально завдяки цьому.

персоналізація: Ви можете змінити програмне забезпечення для розпізнавання голосових команд відповідно до ваших потреб. Досягнення більш високої точності розпізнавання можна досягти за допомогою моделей, які враховують особливості голосу користувачів.

Недоліки:

1) складність реалізації: Управління програмно-апаратним засобом для розпізнавання голосових команд може бути складним завданням, особливо для користувачів, які не знають цього. Ви повинні мати розуміння сигнальної обробки, програмування та алгоритмів розпізнавання голосу, а також досвід використання спеціалізованих інструментів, таких як MATLAB.

						КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			58

потреба в тренувальних даних: якщо ви хочете, щоб розпізнавання голосу було надійним і точним, вам потрібно буде мати великий тренувальний набір даних. Збір, підготовка та розміщення даних можуть зайняти багато часу та ресурсів.

Загальний висновок полягає в тому, що програмно-апаратні засоби для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів є важливими та складними системами. Врахування шуму, використання оптимізованих алгоритмів та параметрів, розуміння контексту та якості запису голосу - всі ці аспекти впливають на ефективність та точність розпізнавання голосових команд. Додаткові дослідження та розвиток технологій у цій галузі можуть сприяти подальшому вдосконаленню цих програмних засобів та забезпеченню якісної обробки голосових сигналів у будь-яких умовах дії шумів.

					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. S. Shi; Pan Fang; Y. Hou. Multi-phase composite synchronization of three vibrators in a space far-resonant vibration system. Journal. *ISA Transactions*. 2023. ISSN 0019-0578. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019057823001209>.
2. E.A. Kanin; A.A. Osiptsov; A.L. Vainshtein; E.V. Burnaev. A predictive model for steady-state multiphase pipe flow: Machine learning on lab data, Journal. *Petroleum Science and Engineering*. Volume 180. 2019. Pages 727-746. ISSN 0920-4105. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.05.055>.
3. Wodołażski. Metaheuristic optimization of CFD–multiphase population balance and biokinetics aeration stirrer tank bioreactor of sludge flocs for scale-up study with bio(de/re)floculation. Journal. *Biochemical Engineering*. Volume 184. 2022. 108477. ISSN 1369-703X. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108477>.
4. C.A. Silva; L.B. Varela; F.O. Kolawole; A.P. Tschiptschin; Z. Panossian. Multiphase-flow-induced corrosion and cavitation-erosion damages of API 5L X80 and API 5DP grade S steels. Journal. *Wear*. Volumes 452–453. 2020. 203282. ISSN 0043-1648. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203282>.
5. S. Peng; Zhe Zhang; E. Liu; W. Liu; W. Qiao. A new hybrid algorithm model for prediction of internal corrosion rate of multiphase pipeline. Journal. *Natural Gas Science and Engineering*. Volume 85. 2021. 103716. ISSN 1875-5100. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2020.103716>.
6. H. Zahid; A. Altamimi; Syed Ali Abbas Kazmi; Zafar A. Khan. Multi-phase techno-economic framework for energy wheeling via generation capacity design of microgrids and virtual power plants. Journal. *Energy Reports*. Volume 8. 2022. Pages 5412-5429. ISSN 2352-4847. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.04.013>.
7. Q. Zheng; Y. Xu; P. Zhang; J. Bian, F. Wang; Identification of gas-liquid two-phase flow regime in pipelines with low liquid holdup based on ResNet1D-34. Journal. *Flow Measurement and Instrumentation*. Volume 88. 2022. 102249. ISSN 0955-5986. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2022.102249>.
8. C. Gorges; K. Öztürk; R; Liebich. Impact detection using a machine learning approach and experimental road roughness classification. *Mechanical Systems and Signal*

									Арк.
									60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ				

Processing. Volume 117. 2019. Pages 738-756. ISSN 0888-3270.
<https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2018.07.043>.

9. X. Peng, Zicheng Liu, Dong Jiang. A review of multiphase energy conversion in wind power generation. Journal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Volume 147. 111172. ISSN 1364-0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111172>.

10. E.A. Kanin, A.A. Osiptsov, A.L. Vainshtein, E.V. Burnaev. A predictive model for steady-state multiphase pipe flow: Machine learning on lab data. Journal. *Petroleum Science and Engineering*. 2019. Volume 180. Pages 727-746. ISSN 0920-4105. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920410519305091>.

11. C.A. Silva, L.B. Varela, F.O. Kolawole, A.P. Tschiptschin, Z. Panossian. Multiphase-flow-induced corrosion and cavitation-erosion damages of API 5L X80 and API 5DP grade S steels. Journal. *Wear*. 2020. Volumes 452–453. 203282. ISSN 0043-1648. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164819315091>).

12. Shanbi Peng, Zhe Zhang, Enbin Liu, Wei Liu, Weibiao Qiao. A new hybrid algorithm model for prediction of internal corrosion rate of multiphase pipeline. Journal *Natural Gas Science and Engineering*. 2021. Volume 85. 103716. ISSN 1875-5100. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2020.103716>.

13. Wenshan Peng, Xuewen Cao, Jian Hou, Li Ma, Ping Wang, Yichun Miao. Numerical prediction of solid particle erosion under upward multiphase annular flow in vertical pipe bends. International Journal. *Pressure Vessels and Piping*. 2021. Volume 192. 104427. ISSN 0308-0161. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030801612100123X>.

14. D. Painuli; S. Bhardwaj; U. köse. Recent advancement in cancer diagnosis using machine learning and deep learning techniques: A comprehensive review. Journal. *Computers in Biology and Medicine*. Volume 146. 2022. 105580. ISSN 0010-4825. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2022.105580>.

15. T. Rymarczyk; G. Kłosowski; A. Hoła, J. Sikora; P. Tchórzewski; Ł. Skowron. Optimising the use of Machine learning algorithms in electrical tomography of building Walls: Pixel oriented ensemble approach. Journal. *Measurement*. Volume 188. 2022. 110581. ISSN 0263-2241. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.110581>.

										Арк.
										61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ					

16. Choubineh; J. Chen; F. Coenen; F. Ma; D. A. Wood. Chapter Three - Machine learning to improve natural gas reservoir simulations. Editor(s): David A. Wood, Jianchao Cai. In *The Fundamentals and Sustainable Advances in Natural Gas Science and Eng. Sustainable Natural Gas Reservoir and Production Engineering*. Journal. *Gulf Professional Publishing*. Volume 1. 2022. Pages 55-82. ISBN 9780128244951. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824495-1.00011-5>.

17. E. Huang; W. Lee; S. S. Singh; P. Kumar; C. Lee; T. Lam; H. Chin; B. Lin; K. Liaw. Machine-learning and high-throughput studies for high-entropy materials. Journal. *Materials Science and Engineering: R: Reports*. Volume 147. 2022. 100645. ISSN 0927-796X. <https://doi.org/10.1016/j.mser.2021.100645>.

18. Z. Hua; Z. Zheng; E. Pahon; M. Péra; F. Gao. A review on lifetime prediction of proton exchange membrane fuel cells system. Journal. *Power Sources*. Volume 529. 2022. 231256. ISSN 0378-7753. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2022.231256>.

19. Daneshi; B. Azarhoushang. 16 - Machinability of materials. Editor(s): Bahman Azarhoushang, Ioan D. Marinescu, W. Brian Rowe, Boris Dimitrov, Hitoshi Ohmori. *Tribology and Fundamentals of Abrasive Machining Processes (Third Edition)*. Journal. *William Andrew Publishing*. 2022. Pages 591-612. ISBN 9780128237779 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823777-9.00010-0>.

20. J. Baek Jang; P. Korambath; G. Morales-Guio; F. Davis; D. Christofides. Digitalization of an experimental electrochemical reactor via the smart manufacturing innovation platform. Journal. *Digital Chemical Engineering*. Volume 5. 2022. 100050. ISSN 2772-5081. <https://doi.org/10.1016/j.dche.2022.100050>.

21. P. Jarmatz, H. Wittenberg, V. Jafari, A. Sharma, F. Maurer, N. Wittmer, P. Neumann. MaMiCo 2.0: An enhanced open-source framework for high-performance molecular-continuum flow simulation. Journal. *SoftwareX*. Volume 20. 2022. 101251. ISSN 2352-7110. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2022.101251>.

22. Vecchi; K. Knobloch; T. Liang; H. Kildahl; A. Sciacovelli; K. Engelbrecht; Y. Li; Y. Ding. Carnot Battery development: A review on system performance, applications and commercial state-of-the-art. Journal. *Energy Storage*. Volume 55. Part D. 2022. 105782. ISSN 2352-152X. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105782>.

										Арк.
										62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата						

23. R.G.M. van der Sman. MULTICUBED: Multiscale-multiphysics simulation of food processing. Journal. *Food Structure*. Volume 33. 2022. 100278. ISSN 2213-3291. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2022.100278>.

24. Hodorog; I. Petri, Y. Rezgui. Machine learning and Natural Language Processing of social media data for event detection in smart cities. Journal. *Sustainable Cities and Society*. Volume 85. 2022. 104026. ISSN 2210-6707. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104026>.

25. D.I. Wilson; G. Christie; P.J. Fryer; I.M. Hall; J.R. Landel; K.A. Whitehead. Lessons to learn from roadmapping in cleaning and decontamination. Journal. *Food and Bioproducts Processing*. Volume 135. 2022. Pages 156-164. ISSN 0960-3085. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.07.011>.

26. Y. Deng; C. Avila; H. Gao, I. Mantilla; R. Eden; S. Cremaschi. A hybrid modeling approach to estimate liquid entrainment fraction and its uncertainty. Journal. *Computers & Chemical Engineering*. Volume 162. 2022. 107796. ISSN 0098-1354. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2022.107796>.

27. M. Mohanpurkar; A. Ouroua; R. Hovsapiian; Y. Luo; M. Singh; E. Muljadi; V. Gevorgian; P. Donalek. Real-time co-simulation of adjustable-speed pumped storage hydro for transient stability analysis. Journal. *Electric Power Systems Research*. Volume 154. 2018. Pages 276-286. ISSN 0378-7796. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.08.010>.

28. Z. Gao; L. Wang; F. Lyu; Y. Zhang; T. Liu; X. Zhan. Temperature variation and mass transport simulations of invar alloy during continuous-wave laser melting deposition. Journal. *Optics & Laser Technology*. Volume 152. 2022. 108163. ISSN 0030-3992. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2022.108163>.

29. C. Sheng, J. Fu, D. Li, C. Jiang, Z. Guo, B. Li, J. Lei, L. Zeng, Z. Deng, X. Fu, Xi Li. Energy management strategy based on health state for a PEMFC/Lithium-ion batteries hybrid power system. Journal. *Energy Conversion and Management*. Volume 271. 2022. 116330. ISSN 0196-8904. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116330>.

30. C. Chang; Tan J. Ding; Tan J. Ping; Kang C. Chao; Mohammad A. Sobhan Bhuiyan. Getting more from the wind: Recent advancements and challenges in generators development for wind turbines. Journal. *Sustainable Energy Technologies and*

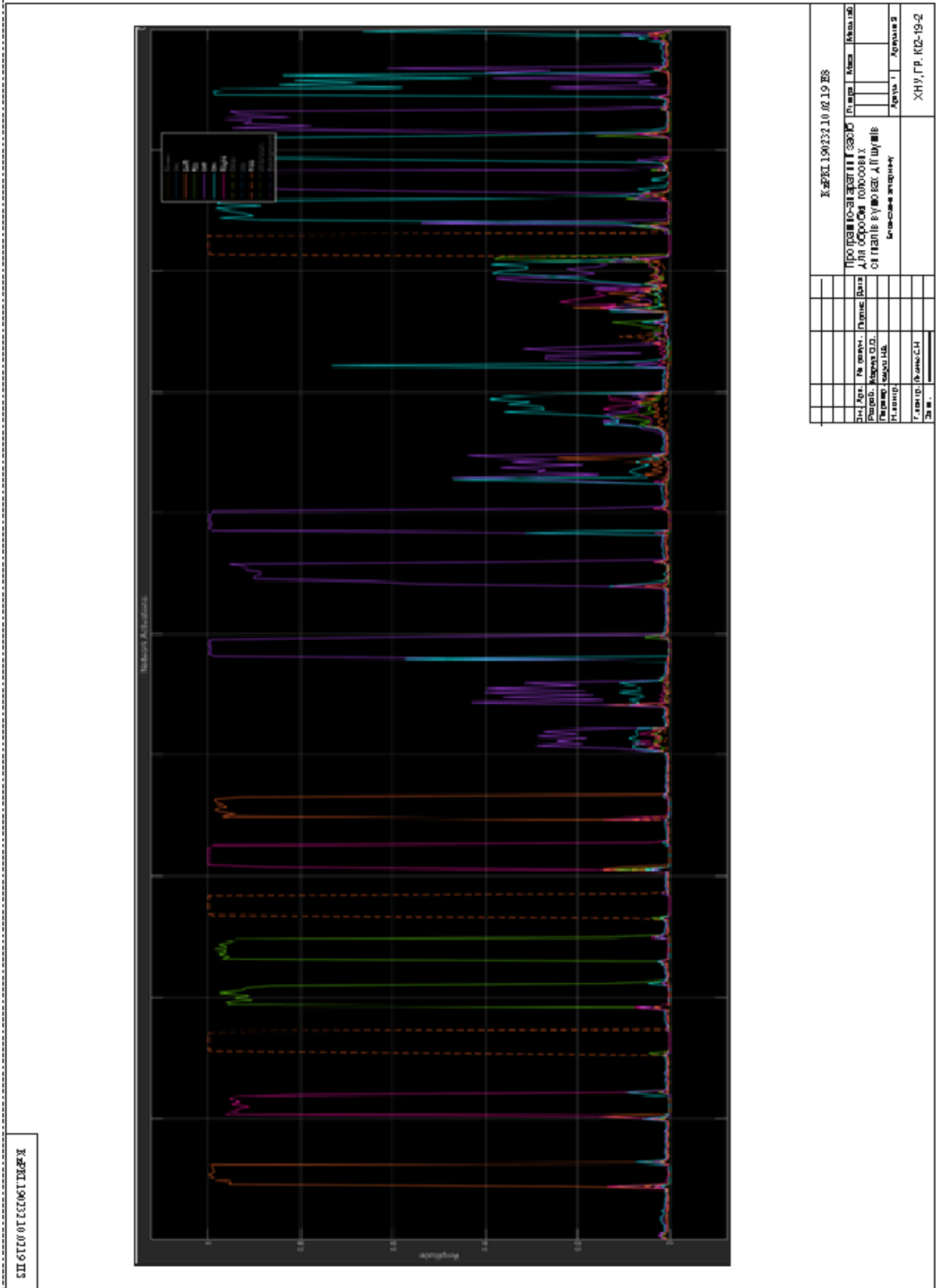
										Арк.
										63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата						

					КВРКІ. 190232.10.02.19 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

Додаток В

(обов'язковий)

Копія креслення «Схема осцилографа»



РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Марчук Олександр Олександрович

Тема: Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 64

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмно-апаратного засобу для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналітичний огляд предметної області (проаналізовано сучасний рівень розвитку засобів обробки голосових сигналів) та виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи виконано розроблення програмно-апаратного засобу для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів у програмному середовищі Simulink: обрано бібліотеку блоків; побудовано блок-схему програмно-апаратного засобу; приєднано зовнішні периферійні пристрої (мікрофон і динамік). В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано дослідження параметрів та характеристик отриманого програмно-апаратного засобу для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів. Побудовано графіки спектрограм звуку для різних слів та графіки відповідних часових залежностей вихідного сигналу програмно-апаратного засобу..

4. Позитивні сторони роботи: програмно-апаратний засіб працює в реальному масштабі часу та дозволяє виконувати дії за голосовими командами в умовах впливу акустичних шумів.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо добре описано структуру нейронної мережі, яка виконує обробку голосових команд в умовах дії шуму.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Гурман Іван Васильович, доцент кафедри ІТЗ

" 8 " червня 2023 р.

ІВГ (підпис)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів

Автор: Марчук Олександр Олександрович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Федула Микола Васильович, к.т.н, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 3.07% і адресується до 143 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС





М. В. Федула

С. М. Лисенко

Т. О. Говорушенко

Завідувачу кафедри КІПС
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Марчука Олександра Олександровича
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-19-2

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

8.06.2023

Дата

Підпис

User name:
Кафедра КІ

Check date:
08.06.2023 13:53:22 EEST

Report date:
08.06.2023 13:56:57 EEST

Check ID:
1015506342

Check type:
Doc vs Internet + Library

User ID:
100005591

File name: **Марчук_2_Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів**

Page count: **57** Word count: **9812** Character count: **79464** File size: **2.36 MB** File ID: **1015161759**

3.07% Matches

Highest match: **0.94%** with Internet source (https://dut.edu.ua/firefox/l_2189_99042122.pdf)

2.84% Internet sources 143

Page 59

1.08% Library sources 101

Page 59

0.35% Quotes

Quotes 3

Page 60

References 1

Page 60

95.5% Exclusions

Some exclusions were automatic (exclusion filters: matched word count less than **8 words** and **0%**)

No Internet exclusions

95.5% Library exclusions 1

Page 60

Modifind

Text modifications detected. Find more details in the online report.

Replaced characters 8

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилко в документах: 18%**

ID: 115015 Назва: БКР Програмно-апаратний засіб для обробки голосових сигналів в умовах дії шумів Додано в БД: 2023-06-07 Автора: О. О. Марчук Керівники: М. В. Федула Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	70734	539	449 (1%)	6 (1%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми