

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

Макар Степан Михайлович

*УДК 621.391*

**ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ В  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ**

172 – Телекомунікації та радіотехніка

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2019

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

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук,  
доцент кафедри радіотехнічних систем  
**Яськів Володимир Іванович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук,  
доцент кафедри приладів і контрольовано-вимірювальних  
систем  
**Стрембіцький Михайло Олексійович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 грудня 2019 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №26 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-612.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Актуальною технічною задачею в галузі телекомунікаційних систем, інтернет-технологій тощо, є забезпечення функцій контролю доступу, що полягають у формуванні дозволу або заборони доступу до певних визначених баз даних чи приміщень. Такий контроль ґрунтується на ідентифікації суб'єктів, яким потрібен доступ і об'єкта даних, що є метою доступу. В галузі інформаційної безпеки під ідентифікацією розуміється процедура розпізнавання користувача в системі шляхом сприйняття системою ідентифікаторів користувача, які формуються на основі апріорної інформації про нього. При цьому, особливо актуальним є обґрунтування вибору типів ідентифікаторів виходячи із технічної складності реалізації системи контролю доступу, економічної обґрунтованості та захищеності.

Особливо поширеним сьогодні є розроблення для задачі ідентифікації особи автоматизованих методів і засобів, що ґрунтуються на оцінюванні її фізіологічних або поведінкових характеристик – методів біометрії, що пояснюється їхньою винятковістю та низькою ймовірністю помилки ідентифікації. При цьому, всі методи біометричної ідентифікації можна розділити на статичну і динамічну. До першої групи належать методи ідентифікації за райдужною оболонкою ока, сітківкою ока, відбитком пальця, формою долоні, розташуванням вен на тильній стороні долоні, формою обличчя, термограмою особи тощо. Методи динамічної ідентифікації ґрунтуються на поведінковій (динамічній) характеристиці людини, зокрема ідентифікація проводиться за рукописним почерком, клавіатурним почерком, голосом, рухом губ тощо [1]. Із усіх зазначених методів біометричної ідентифікації найбільш перспективним при ймовірності відмови у доступі чи помилкової ідентифікації (0,5...5)% є метод голосової ідентифікації, якому властива простота технічної реалізації та низька собівартість порівняно з іншими методами отримання біометричних параметрів. Однак точність цього методу в знаній мірі залежить від методів відбору та опрацювання голосових сигналів, степені врахування впливу зовнішніх та внутрішніх факторів, що спричинюють зростання складових завад в структурі голосових сигналів, появи артефактів тощо. Важливою при цьому є задача обґрунтування методу опрацювання голосових сигналів та виділення інформативних ознак, оцінки яких носили б індивідуальний характер та давали б можливість проведення ідентифікації особи.

Відомими є неодноразові спроби побудови коду для ідентифікації особи за голосом. Як правило, це різноманітні поєднання статистичних і частотних характеристик голосового сигналу. При цьому, голосовий сигнал розглядається як стаціонарних випадковий процес з подальшим застосуванням методів спектрально кореляційного аналізу. Проте таке подання голосових сигналів не придатне для опису коливних структури голосових сигналів людини, які результатом роботи голосових складок і проявляється наявністю основного тону – характерної повторюваності, що може бути використана для задачі ідентифікації особи. Протягом останніх 70 років актуальною задачею є визначення основного тону голосового сигналу. Поширеними методами оцінювання основного тону є кепстральний, фільтровий, піковий метод, тощо. Однак цим методам притаманні

недоліки, пов'язані з затраченим на опрацювання часом, низькою чутливістю, роздільною здатністю (ще може призвести до помилкового дозволу доступу).

Отже, обґрунтування методу опрацювання голосових сигналів для задачі ідентифікації особи, алгоритм якого можна було б реалізувати у вигляді елемента програмного забезпечення біометричних систем, є актуальною задачею.

**Мета і задачі дослідження.** *Метою дослідження є обґрунтування вибору методу аутентифікації особи у телекомунікаційній мережі. Для вирішення поставленої мети потрібно виконати такі задачі:*

1. Провести огляд літературних джерел за тематикою наукового дослідження.
2. Обґрунтування вибору математичної моделі голосових сигналів для задачі ідентифікації особи.
3. Розробка методу статистичного опрацювання голосових сигналів на основі вибраної математичної моделі для виявлення нових індивідуальних інформативних ознак.
4. Обґрунтування застосовності цих нових інформативних ознак для задачі ідентифікації особи.
5. Розробка програмного забезпечення для проведення експериментального дослідження голосових сигналів для задачі ідентифікації особи.

*Об'єкт дослідження:* процес математичного моделювання голосового сигналу людини.

*Предмет дослідження:* метод розпізнавання голосового сигналу для задачі автентифікації особи.

*Методи дослідження* побудовано на основі автокореляційного спектрального аналізу.

**Наукова новизна одержаних результатів.** вперше обґрунтовано метод розпізнавання голосового сигналу для задачі автентифікації особи.

**Практичне значення одержаних результатів.** обґрунтований метод може бути використаний для проектування автоматизованих систем аутентифікації особи за голосовими сигналами.

**Публікації.** Викладенні в роботі, результати якої доповідались і обговорювалися на IV Всеукраїнській науково-технічній конференції Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій – Тернопіль 20-21 червня 2019.

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 125 сторінках, списку використаних джерел з 40 назв на 6 сторінках, додатків на 2 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 133 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову

новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

**У першому розділі** «Задача аутентифікації користувача» проведено аналіз задачі аутентифікації користувача, розглянуто чинники і способи аутентифікації. Розглянуто переваги і недоліки наявних способів аутентифікації.

Встановлено, що найперспективнішою в плані зниження рівня помилок під час формування висновку про аутентифікацію є біометрична аутентифікація.

Розглянуто статичні методи аутентифікації, які ґрунтуються на фізіологічних характеристиках людини, та динамічні методи, які ґрунтуються на особливостях поведінки людини – підсвідомих рухах в процесі виконання будь-якої дії.

Встановлено, що системи голосової аутентифікації мають низьку собівартість, простоту та ряд інших переваг. Сучасні системи голосової ідентифікації можуть бути суттєво модернізовані за рахунок впровадження методів обробки даних, які раніше дослідженні та широко використовуються, і, насамперед, повинні бути модернізовані методи та програмно-апаратні засоби введення та виділення мовного сигналу користувача системи..

**У другому розділі** «Методи опрацювання голосових сигналів для задачі ідентифікації особи» виконано дослідження механізмів і вивчено способи опису генерації голосового сигналу, а також запропоновано вимоги до способів аналізу мовних сигналів з метою аутентифікації користувача. Методика опрацювання мовного сигналу повинна давати змогу встановити інформативні характеристики, незалежні від часу, а залежні лише від особливостей конкретного мовного апарату, таким чином придатні для безпомилкової ідентифікації особи. Можна бачити, що голосовий сигнал є складним амплітудно-модульованим сигналом, для якого дослідження несучої складової у частотному, часовому, частотно-часовому представленнях дозволяє визначити особу.

Основною ознакою користувача є частота основного тону несучої складової сигналу, допоміжними ознаками – форманти (максимуми спектральної характеристики).

Піддано аналізу способи визначення частот основного тону та перших формант.

**У третьому розділі** «Експериментальний відбір голосових сигналів»: Обґрунтовано принципову схему експерименту для запису голосового сигналу, критерії вибору обладнання, зокрема мікрофона, АЦП, обчислювальних засобів.

Запропоновано методики реєстрації мовного сигналу та його опрацювання, які дозволять ефективно виділити інформативні параметри для задачі ідентифікації користувачів.

**У четвертому розділі** «Обробка голосових сигналів для задачі ідентифікації особи» проведено відбір голосових сигналів однієї особи. Обчислено оцінки амплітудних спектрів отриманих реєстрограм голосових сигналів для задачі оцінювання частот розміщень формант.

Встановлено, що в амплітудних спектрах аудіо сигналу голосу [м] частоти, на яких розміщуються форманти майже співпадають, зміна амплітуд формант пояснюється через неоднаковість умов реєстрації. Співпадають і частоти на яких розміщуються форманти у різноманітних реалізаціях аудіо сигналу голосу [е].

Відповідно, за значеннями оцінок формантних часто можна проводити ідентифікацію особи, так як їх можна вважати індивідуальними характеристиками особи.

Проте, у окремих реалізаціях аудіо сигналу голосу одного диктора, значення частот розміщення формант дещо різняться між собою через наявність в структурі звукового сигналу випадкової складової. У такому випадку під час ідентифікації користувача можливою стає допущення помилок.

Для збільшення достовірності ідентифікації особи запропоновано збільшити число персональних ознак звукових сигналів голосу, на підставі яких буде прийматись рішення про позитивну чи негативну відповідь про аутентифікацію особи. Запропоновано попри оцінку частот розміщень формант оцінювати період основного тону.

Автокореляційний метод з певною його модифікацією було використано для того, щоб оцінити значення періоду основного тону.

Проте відомо, що обертони, присутні в сигналі та гармоніки з вищою амплітудою можуть мати вплив на точність розрахунку періоду основного тону за функцією автокореляції. Щоб вирішити дану проблему було розраховано оцінки розподілу спектральної густини потужності, де частота основного тону є оберненою до періоду і їй відповідає частота розміщення.

Встановлено, що індивідуальними характеристиками особи будуть значення частот на яких розміщенні форманти та періоду основного тону та відрізняються з ідентичними оцінками голосових сигналів для іншої особи. Відповідно до вище описаного, можна стверджувати, що для задачі ідентифікації та аутентифікації особи можна використовувати оцінки формантних часто та період основного тону.

**У п'ятому розділі** «Спеціальна частина» описано метрологічне забезпечення наукових досліджень та проведено обґрунтування вибору пакету Matlab як програмного забезпечення для розв'язання наукової задачі.

**У шостому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 46518,17 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,30 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

**У сьомому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання планування заходів з охорони праці. Види планування та контролю стану охорони праці. Виявлення, оцінка та зменшення ризиків небезпечних подій. Встановлено порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Розглянуто питання здійснення заходів щодо зниження дії радіоактивних випромінювань на апаратуру телекомунікаційної мережі. Зроблено відповідні висновки з практики експлуатації РЕА в умовах дії радіоактивних випромінювань, визначено найбільш чутливі до дії радіоактивних випромінювань елементи РЕА. Запропоновано заходи щодо підвищення стійкості роботи радіоелектронних систем (РЕС)..

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання про Електромагнітне забруднення довкілля, його вплив на людину, запропоновано шляхи його зменшення. Розглянуто джерела шуму і вібрацій, запропоновано методи їх знешкодження

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра розв'язано актуальну наукову задачу, яка полягає в розробленні методу опрацювання мовних сигналів для системи аутентифікації користувачів. При цьому отримано такі результати:

1. Проведено аналіз задачі аутентифікації користувача телекомунікаційної мережі, розглянуто чинники і способи аутентифікації. Розглянуто переваги і недоліки наявних способів аутентифікації. Встановлено, що найперспективнішою в плані зменшення рівня помилок під час формування висновку про аутентифікацію є біометрична аутентифікація. Розглянуто, статичні методи аутентифікації, які ґрунтуються на фізіологічних характеристиках людини, та динамічні методи, які ґрунтуються на особливостях поведінки людини – підсвідомих рухах в процесі виконання будь-якої дії..

2. Встановлено, що системи голосової аутентифікації мають низьку собівартість, простоту у виконанні та ряд інших переваг. Нинішні системи ідентифікації за голосом людини можуть бути значно модернізованими за рахунок впровадження методів обробки даних, які вже є дослідженими та широко використовуються, і, насамперед, мають бути модернізовані методи та програмно-апаратні засоби введення голосового сигналу користувача та його виділення.

3. Виконано дослідження механізмів і вивчено способи опису генерації голосового сигналу, а також запропоновано вимоги до способів аналізу мовних сигналів з метою аутентифікації користувача. Методика опрацювання мовного сигналу повинна давати змогу встановити інформативні характеристики, незалежні від часу, а залежні лише від особливостей конкретного мовного апарату, таким чином придатні для безпомилкової ідентифікації особи. Можна бачити, що голосовий сигнал є складним амплітудно-модульованим сигналом, для якого дослідження несучої складової у частотному, часовому, частотно-часовому представленнях дозволяє визначити особу.

4. Основною ознакою користувача є частота основного тону несучої складової сигналу, допоміжними ознаками – форманти (максимуми спектральної характеристики).

5. Піддано аналізу способи визначення частот основного тону та перших формант.

6. Обґрунтовано принципову схему експерименту для запису голосового сигналу, критерії вибору обладнання, зокрема мікрофона, АЦП, обчислювальних засобів.

7. Запропоновано методики реєстрації мовного сигналу та його опрацювання, які дозволять ефективно виділити інформативні параметри для задачі ідентифікації користувачів.

8. Проведено відбір голосових сигналів однієї особи. Обчислено оцінки амплітудних спектрів отриманих реєстрограм голосових сигналів для задачі оцінювання частот розміщень формант.

9. Автокореляційний метод з певною його модифікацією було використано для того, щоб оцінити значення періоду основного тону.

10. Встановлено, що індивідуальними характеристиками особи будуть значення частот на яких розміщені форманти та періоду основного тону та відрізняються з ідентичними оцінками голосових сигналів для іншої особи. Відповідно до вище описаного, можна стверджувати, що для задачі ідентифікації та аутентифікації особи можна використовувати оцінки формантних частот та період основного тону.

## **ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ**

1. Дедів І. Ю. Обґрунтування методу голосової ідентифікації особи / Ірина Дедів, Леонід Дедів, С. Макар // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій“ присвячена 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця, 20-21 червня 2019 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2019. — С. 90–91. — (Обчислювальні методи та засоби в радіотехніці і приладобудуванні).

## **АНОТАЦІЯ**

Макар С.М. Обґрунтування методу ідентифікації особи в телекомунікаційній мережі. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Роботу присвячено обґрунтуванню методу ідентифікації особи у телекомунікаційній мережі. Розглянуто існуючі методи ідентифікації особи за характеристиками біометричних даних та встановлено, що такі методи вирізняються вищою точністю. Обґрунтовано метод ідентифікації особи за голосовим сигналом, який є надійним та дешевим у реалізації. Застосовуючи у такому методі оптимальні способи обробки аудіо сигналів ідентифікація здійснюється з високою достовірністю. В якості інформативних параметрів голосових сигналів запропоновано використати формантні частоти амплітудного спектру голосових сигналів та значення частоти основного тону.

Ключові слова: сигнал, голосовий сигнал, біометричні дані, ідентифікація, розпізнавання, спектральний аналіз, автокореляційна функція, частота основного тону.

## **ABSTRACT**

The work is devoted to the substantiation of the method of identification of the person in the telecommunication networks. Existing methods of identification of a person by the characteristics of biometric data are considered and it is established that such methods are of higher accuracy. The method of identification of a person by voice signal is



justified, which is reliable and cheap in implementation. Using this method of optimal audio signal processing, identification is performed with high accuracy. As informative parameters of voice signals, it is proposed to use the formant frequencies of the amplitude spectrum of the voice signals and the value of the frequency of the main tone.

Key words: signal, voice signal, biometric data, identification, recognition, spectral analysis, autocorrelation function. frequency of the main tone.