

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

Кузик Мар'ян Михайлович

УДК 057.087

**МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ МОВНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ СИСТЕМИ
АУТЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ**

172 – Телекомунікації та радіотехніка

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2018

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
Дедів Ірина Юріївна,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри біотехнічних систем
Дозорський Василь Григорович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 21 лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №25 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. Для задачі ідентифікації особи сьогодні застосовується сукупність автоматизованих методів і засобів, що ґрунтуються на оцінюванні її фізіологічних або поведінкових характеристик. Такі методи об'єднуються спільним терміном – біометрія. Біометрична ідентифікація є засобом підтвердження особи, можливості доступу цієї особи до захищених баз даних, окремих приміщень тощо. При цьому, всі методи біометричної ідентифікації можна розділити на статичну і динамічну. До першої групи належать методи ідентифікації за відбитком пальця, формою долоні, розташуванням вен на тильній стороні долоні, сітківкою ока, райдужною оболонкою ока, 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. Найбільш поширеним сьогодні і перспективним в плані технічної розробки є метод голосової ідентифікації. Однак точність цього методу в знаній мірі залежить від методів відбору та опрацювання голосових сигналів, степені врахування впливу зовнішніх та внутрішніх факторів, що спричиняють 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 способи побудови коду ідентифікації за голосом. Як правило, це різні поєднання частотних і статистичних характеристик голосу. При цьому, голосовий сигнал розглядається як стаціонарний випадковий процес із наступним застосуванням методів спектрально-кореляційного аналізу. Однак таке подання голосових сигналів не придатне для опису коливної структури голосових сигналів, що є результатом роботи голосових складок і проявляється в наявності основного тону – характерної повторюваності, що може бути використана для задачі ідентифікації особи. Визначення основного тону голосового сигналу залишається актуальною задачею протягом останніх 70 років. Поширеними методами оцінювання основного тону є піковий, кепстральний, фільтровий метод тощо. Однак зазначеним методам притаманні недоліки, пов'язані із низькою роздільною здатністю (що може призвести до помилкового дозволу доступу), чутливістю, затраченим на опрацювання часом.

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

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є обґрунтування вибору методу опрацювання голосових сигналів для задачі ідентифікації особи. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження.
2. Обґрунтувати вибір математичної моделі голосових сигналів для задачі ідентифікації особи.
3. Розробити метод статистичного опрацювання голосових сигналів на

основі цієї математичної моделі для виявлення нових індивідуальних інформативних ознак.

4. Обґрунтувати застосовність цих нових інформативних ознак для задачі ідентифікації особи.

5. Розробити програмне забезпечення для проведення експериментального дослідження голосових сигналів для задачі ідентифікації особи.

Об'єкт дослідження: процес опрацювання голосових сигналів для задачі ідентифікації особи

Предмет дослідження: метод опрацювання голосових сигналів для задачі ідентифікації особи.

Методи дослідження побудовано на основі методів гармонічного та спектрально-кореляційного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів. Обґрунтовано метод опрацювання голосових сигналів для задачі ідентифікації особи, що ґрунтується на використанні в якості інформативних ознак оцінок формантних частот, частоти основного тону та параметрів обвідної голосового сигналу в часі.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані при розробленні систем автоматизованої голосової ідентифікації особи.

Публікації. Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій (Тернопіль 16-17 листопада 2017).

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 113 сторінках, списку використаних джерел з 40 назв на 5 сторінках, додатків на 1 сторінці. Загальний обсяг роботи становить 121 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 фактори та способи аутентифікації. Розглянуто переваги та недоліки існуючих способів аутентифікації.

Встановлено, що біометрична аутентифікація є найбільш перспективною в плані зниження рівня помилок при формуванні висновку про аутентифікацію.

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

Встановлено, що голосові системи аутентифікації мають низьку вартість, простоту і ряд інших переваг. Сучасні системи голосової ідентифікації можуть бути суттєво модернізовані за рахунок впровадження методів обробки даних, які раніше досліджені і широко використовуються, і, в першу чергу, повинні бути модернізовані методи і програмно-апаратні засоби введення і виділення мовного

сигналу користувача системи.

У другому розділі «Методи опрацювання голосових сигналів для задачі ідентифікації особи» проведено аналіз механізму породження голосового сигналу та моделей процесу голосотворення та сформовано вимоги до методу опрацювання голосових сигналів для задачі голосової аутентифікації особи

Метод опрацювання голосових сигналів повинен забезпечувати можливість виділення інформативних ознак голосового сигналу, які були б інваріантними у часі індивідуальними характеристиками кожної окремо взятої особи і давали б можливість ідентифікації цієї особи.

Встановлено, що основні поняття, які характеризують параметри мовлення людини, пов'язані з формою, розмірами, динамікою зміни голосового тракту і описують емоційний стан людини, можна розділити на чотири групи об'єктивних ознак, що дозволяють розрізнити голосові зразки: спектрально-часові, кепстральні, амплітудно-частотні та ознаки нелінійної динаміки.

Встановлено, що голосовий сигнал можна зобразити як складний амплітудно-модульований сигнал. При цьому аналіз несучої голосового сигналу в часовій, частотній, частотно-часовій областях дасть можливість проведення аутентифікації користувача. Несуча складова голосового сигналу включає в себе значення частоти основного тону як основної індивідуальної характеристики, та характерної структури спектру, що містить максимуми, які називаються формантами. Частоти розміщення цих максимумів також придатні для використання як індивідуальні характеристики користувача.

Проаналізовано методи оцінювання частоти основного тону та частот розміщення перших формант.

У третьому розділі «Експериментальний відбір голосових сигналів»: обґрунтовано алгоритм проведення експерименту з відбору голосових сигналів; обґрунтовано параметри мікрофона, з допомогою якого проводиться реєстрація голосових сигналів, виходячи з особливостей поставленої задачі; обґрунтовано параметри АЦП звукової картки, з допомогою якої проводиться оцифрування реєстрограм голосових сигналів.

У четвертому розділі «Опрацювання голосових сигналів для задачі ідентифікації особи» проведено відбір голосових сигналів одної особи. Для отриманих реєстрограм голосових сигналів обчислено оцінки амплітудних спектрів для задачі оцінювання частот розміщення формант.

Встановлено, що частоти розміщення формант в амплітудних спектрах голосового сигналу [л] практично співпадають, змінюється амплітуда формант, що пояснюється неоднаковістю умов реєстрації. Частоти розміщення формант для різних реалізацій голосового сигналу [а] також співпадають. Відповідно, оцінки формантних частот можуть вважатись індивідуальними характеристиками особи, за значеннями яких можна проводити ідентифікацію особи. Однак, значення формантних частот для окремих реалізацій голосових сигналів одного диктора дещо різняться між собою внаслідок наявності випадкової складової в структурі голосових сигналів. При цьому можливим є допущення помилок при ідентифікації особи. Для підвищення достовірності ідентифікації запропоновано збільшити кількість індивідуальних ознак голосових сигналів, на основі яких буде прийматись

рішення про аутентифікацію особи. Запропоновано поряд з оцінками формантних частот використати оцінки періоду основного тону.

Для оцінювання значення періоду основного тону використано автокореляційний метод з певною його модифікацією.

Однак відомо, що на точність обчислення періоду основного тону за автокореляційною функцією можуть впливати обертони, присутні в сигналі, та гармоніки з вищою амплітудою. Для вирішення проблеми проведено обчислення оцінок розподілу спектральної густини потужності, частота розміщення першого максимуму відповідає частоті основного тону яка є оберненою до періоду основного тону.

Встановлено, що значення формантних частот та періоду основного тону є індивідуальними характеристиками особи (повторюються для різних реалізацій голосового сигналу) та різняться з цими ж оцінками таких же голосових сигналів але для іншої особи. Відповідно, оцінки формантних частот та періоду основного тону можуть бути використані для задачі ідентифікації та аутентифікації особи.

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 44661,39 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 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. Особливості розслідування та обліку нещасних випадків не виробничого характеру. Встановлено порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, забруднення довкілля, що виникають в результаті виготовлення друкованих плат приладів, заходи щодо зменшення забруднення довкілля

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, розглянуто фактори та способи аутентифікації. Розглянуто переваги та недоліки існуючих способів аутентифікації. Встановлено, що біометрична аутентифікація є найбільш

перспективною в плані зниження рівня помилок при формуванні висновку про аутентифікацію.

2. Встановлено, що голосові системи аутентифікації мають низьку вартість, простоту і ряд інших переваг. Сучасні системи голосової ідентифікації можуть бути суттєво модернізовані за рахунок впровадження методів обробки даних, які раніше досліджені і широко використовуються, і, в першу чергу, повинні бути модернізовані методи і програмно-апаратні засоби введення і виділення мовного сигналу користувача системи.

3. Проведено аналіз механізму породження голосового сигналу та моделей процесу голосотворення та сформовано вимоги до методу опрацювання голосових сигналів для задачі голосової аутентифікації особи. Метод опрацювання голосових сигналів повинен забезпечувати можливість виділення інформативних ознак голосового сигналу, які були б інваріантними у часі індивідуальними характеристиками кожної окремо взятої особи і давали б можливість ідентифікації цієї особи.

4. Встановлено, що голосовий сигнал можна зобразити як складний амплітудно модульований сигнал. При цьому аналіз несучої голосового сигналу в часовій, частотній, частотно-часовій областях дасть можливість проведення аутентифікації користувача. Несуча складова голосового сигналу включає в себе значення частоти основного тону як основної індивідуальної характеристики, та характерної структури спектру, що містить максимуми, які називаються формантами. Частоти розміщення цих максимумів також придатні для використання як індивідуальні характеристики користувача.

5. Обґрунтовано алгоритм проведення експерименту з відбору голосових сигналів. Обґрунтовано параметри мікрофона, з допомогою якого проводиться реєстрація голосових сигналів, виходячи з особливостей поставленої задачі. Обґрунтовано параметри АЦП звукової картки, з допомогою якої проводиться оцифрування реєстрограм голосових сигналів.

6. Проведено відбір голосових сигналів одної особи. Для отриманих реєстрограм голосових сигналів обчислено оцінки амплітудних спектрів для задачі оцінювання частот розміщення формант.

7. Встановлено, що частоти розміщення формант в амплітудних спектрах різних реалізацій голосового сигналу практично співпадають, змінюється амплітуда формант, що пояснюється неоднаковістю умов реєстрації. Частоти розміщення формант для різних реалізацій голосового сигналу також співпадають. Відповідно, оцінки формантних частот можуть вважатись індивідуальними характеристиками особи, за значеннями яких можна проводити ідентифікацію особи. Для підвищення достовірності ідентифікації запропоновано збільшити кількість індивідуальних ознак голосових сигналів, на основі яких буде прийматись рішення про аутентифікацію особи. Запропоновано поряд з оцінками формантних частот використати оцінки періоду основного тону.

8. Для оцінювання значення періоду основного тону використано автокореляційний метод з певною його модифікацією.

9. Проведено опрацювання експериментально відібраних голосових сигналів і встановлено, що значення формантних частот та періоду основного тону є

індивідуальними характеристиками особи (повторюються для різних реалізацій голосового сигналу) та різняться з цими ж оцінками таких же голосових сигналів але для іншої особи. Відповідно, оцінки формантних частот та періоду основного тону можуть бути використані для задачі ідентифікації та аутентифікації особи.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Дедів І. Ю. Метод автентифікації користувачів за параметрами голосових сигналів / І. Ю. Дедів, М. М. Кузик // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 2. — С. 47.

АНОТАЦІЯ

Кузик М.М. Метод опрацювання мовних сигналів для системи аутентифікації користувачів. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Роботу присвячено розробленню методу опрацювання мовних сигналів для задачі аутентифікації користувача-особи. Проаналізовано відомі методи аутентифікації користувача та встановлено, що методи біометричної аутентифікації є більш точними. Метод голосової аутентифікації відрізняється простотою та надійністю. Проаналізовано методи опрацювання мовних сигналів. В якості інформативних ознак мовних сигналів запропоновано використати значення частот розміщення формант амплітудного спектру таких сигналів та значення частоти основного тону

Ключові слова: Аутентифікація, біометрія, мовний сигнал, частота основного тону.

ABSTRACT

Kuzyk M.M. Method of speech signals processing for user authentication system. - Manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

The work is devoted to the development of a method for speech signals processing for the problem of user authentication. Well-known methods of user authentication have been analyzed and biometric authentication methods are found to be more precise. The method of voice authentication is simple and reliable. Methods of processing speech signals are analyzed. As informational signs of speech signals, it is suggested to use the values of the frequencies of the formants of the amplitude spectrum of such signals and the value of the frequency of the main tone

Keywords: Authentication, biometrics, speech signal, frequency of the main tone.