

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ПРОГРАМНОЇ
ІНЖЕНЕРІЇ

ПАСІКА ДМИТРО РОМАНОВИЧ

УДК 004.056.53

**АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БІОМЕТРИЧНОЇ
ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА ГОЛОСОМ У КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

123 «Комп'ютерна інженерія»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль
2018

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж
Луцків Андрій Мирославович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Рецензент: кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики
Скоренький Юрій Любомирович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 27 грудня 2018 р. о 9.00 годині на засіданні екзаменаційної комісії №34 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд.1-603

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Ідентифікація людини за голосом все частіше використовується у широкодоступних мобільних та веб-сервісах, для спрощення аутентифікації користувачів, для допомоги людям з обмеженими можливостями та навіть в криміналістичній справі.

Сьогодні багато провідних компаній ведуть активні розробки в даній сфері, наприклад: Nuance Communications, американська компанія є одним з найбільших постачальників послуги по розпізнаванню голосу, їхні системи використовуються в популярних мобільних агентах (Apple Siri, Dragon Go), в 2014 році компанія почала просування власних продуктів біометричної ідентифікації за голосом, така система позиціонувалась як заміна паролів та кодових слів. Дана технологія знайшла себе в мобільному банкінгу, зокрема в банках Канади та в одному з найбільших Великобританських конгломератів Barclays. Корпорація пропонує подібні системи для ідентифікації особи по голосу, зокрема є пропозиції з проведення криміналістичних експертиз для визначення особистостей по записах голосів, при цьому звіти для порівняння голосів створюються автоматично. Також система позиціонується як для правоохоронних органів, військових та використання в розвідці як засобу протидії злочинності та тероризму. Ідентифікатор продукту, згідно з публікаціями Nuance, може надавати владі можливості створення бази даних голосових відбитків на мільйони людей, ідентифікація в реальному часі, наприклад при проходженні митного контролю, визначення мови, по автоматичному пошуку ключових слів у великих базах записаних розмов. За даними, наданими Nuance в Biometrics Institute, в 2014 році, компанія вже має базу більш ніж в 30 мільйонів голосових відбитків лише в комерційних цілях, а також кілька впроваджень в області безпеки без уточнення розмірів зібраних баз.

Актуальною є задача ідентифікації особи в рамках розпізнавання мовлення, що є безумовно перспективним напрямком розвитку. Підтвердженням цього є дослідження даного питання всесвітньовідомими корпораціями, так наприклад Google активно розвиває тему розпізнавання мовлення, та голосової ідентифікації. Можна виділити сервіс Google Cloud Speech API, що дозволяє стороннім розробникам використовувати всі переваги системи розпізнавання голосу від google у власних додатках. Варто зауважити, що система підтримує 80 різних мов. Microsoft також активно працюють в сфері розпізнавання голосу, наприклад Microsoft Cognitive Services, це ресурс, що дозволяє працювати з візуальною, голосовою та текстовою інформацією, до того ж надає можливість використовувати різні пошукові можливості Bing. Даний сервіс може використовуватися сторонніми розробниками для створення власних застосунків, а саме для ідентифікації за допомогою голосу та для розпізнавання мовлення, що дозволить реалізувати голосове управління програмами. Microsoft Cognitive Services набуває все більшої популярності, зараз ним вже користуються такі високотехнологічні компанії як: UBER, Graymeta, Pic Collage, Cloundinary, Blucup, Dixons Carphone, Pivothead, Vigiglobe, Prism Skylabs, Dutchcrafters та інші. Держава зацікавлена в подальшому дослідженні даної галузі тому, що це може суттєво спростити митний контроль, розслідування злочинів та ідентифікацію громадян. Біометрична ідентифікація за

допомогою голосу є найдешевшою в реалізації технологією серед біометрії, до того ж комп'ютерні системи які можуть підтримувати ідентифікацію за допомогою голосу є найпоширенішими, важко уявити сучасну комп'ютерну систему без мікрофону. Всі ці фактори доводять прибутковість та перспективність дослідження даної галузі.

Доцільність дослідження даної теми зумовлена необхідністю розробки високоефективних алгоритмічних методів ідентифікації особи. Оскільки, ідентифікація за голосом є найдоступнішою серед усіх інших видів біометричної ідентифікації, це впливає з поширеністю пристроїв отримання ідентифікаційних ознак, більшість комп'ютерних систем та периферії обладнані мікрофонами, що робить біометричну ідентифікацію за голосом універсальним методом біометричної ідентифікації.

В контексті біометричної ідентифікації важливу прикладну цінність має обґрунтування вибору тих чи інших алгоритмів класифікації, які для кожної конкретно поставленої задачі мають свої переваги і недоліки, що в кінцевому випадку впливає на продуктивність роботи системи ідентифікації та на кількість помилок першого і другого роду.

Створення ефективного алгоритмічного і програмного забезпечення біометричної ідентифікації особи за голосом, дає змогу підвищити швидкодію ідентифікації особи, мінімізувати помилки першого і другого роду та зменшити використання системних ресурсів.

Мета і завдання дослідження. Метою є дослідження математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення біометричної ідентифікації особи за голосом.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких завдань:

- Дослідити сучасні методи і засоби біометричної ідентифікації особи.
- Проаналізувати основні проблеми біометричної ідентифікації особи за голосом.
- Проаналізувати програмно-апаратне забезпечення систем біометричної ідентифікації за голосом.
- Дослідити математичні моделі та методи класифікації осіб.
- Проаналізувати емпіричним методом доцільність таких класифікаторів як: метод Евкліда, метод опорних векторів та метод багат шарового перцептрона Румельхарта. В задачі бінарної класифікації за голосом.
- Дослідити алгоритми: фільтрації, фіксування голосової активності, видобування ознак голосу з аудіопотоку.

Об'єкт дослідження - процес біометричної ідентифікації особи в комп'ютерних системах.

Предметом дослідження є системи біометричної ідентифікації, математична модель голосу людини, методи попередньої і динамічної обробки голосу, методи класифікації голосу людини, методи біометричної ідентифікації.

Наукова новизна отриманих результатів:

- Обґрунтований вибір системи ідентифікації особи за алгоритмом опорних векторів для задачі бінарної класифікації особи диктора за статтю.

- Проаналізовано й показано доцільність використання алгоритмів: Евкліда, опорних векторів, багатошарового перцептрона Румельхарта. Для задачі бінарної класифікації особи.

Практичне значення отриманих результатів. Досліджені алгоритми фільтрації, фіксування голосової активності, видобування ознак голосу з аудіопотоку, спрощують процес ідентифікації людини в комп'ютерній системі й можуть бути застосовані для бінарної класифікації особи.

Апробація результатів дипломної роботи. Результати дипломної роботи магістра апробовано на міжнародних конференціях:

- Науково-технічній конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті).

- Науково-практичній конференції «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ НАУК».

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка - 114 арк. Формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А1.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність й важливість цього дослідження, проведено огляд проблематики у галузі біометричної ідентифікації особи за голосом. Охарактеризовані основні завдання, які необхідно вирішити у дипломній роботі магістра.

У **першому розділі роботи «Огляд предметної області ідентифікації особи»** проведено аналіз систем біометричної ідентифікації, їх особливостей. Зроблено огляд сфер застосування ідентифікації за голосом, розглянута актуальність розробки біометричних систем ідентифікації за голосом, з огляду на компанії світового рівня. Проаналізовано основні проблеми біометричної ідентифікації за голосом. Також було розглянуто загальну характеристику програмного забезпечення систем біометричної ідентифікації за голосом.

У **другому розділі «Математичні моделі та методи»** було досліджено методи класифікації осіб за голосом, а саме: метод Евкліда, метод опорних векторів та метод багатошарового перцептрона Румельхарта. Проаналізовано емпіричним методом доцільність алгоритмів в бінарній класифікації, а саме класифікації осіб за статтю. Було проаналізовано алгоритми: Евкліда, методу опорних векторів та багатошарового перцептрона Румельхарта на ергономічність налаштування та використання. Досліджено стійкість алгоритмів до помилок першого та другого роду. Підведено підсумки що-до проведених досліджень та тестів.

У **третьому розділі «Особливості побудови систем та алгоритмів ідентифікації особи за голосом»** представлено дослідження алгоритму формування масиву даних з аудіо потоку. Проаналізовано алгоритми попередньої обробки аудіо сигналу, а саме:

алгоритм усунення викидів та алгоритм низькочастотної фільтрації. В даному розділі також представлено дослідження алгоритмів виявлення голосової активності у вхідному акустичному сигналі для відділення активного мовлення від фонового шуму або тиші, до таких алгоритмів належать: обчислення характеристик потужності, фільтрації і нормалізації, знаходження границь фраз, об'єднання близьких фраз, розширення і вікнування, ущільнення. Досліджено алгоритми видобування ознак з аудіопотоку MFCC, а саме: побудови спектрограми, логарифмічної частотної децимації, нормалізації по відносній потужності, обчислення середнього та дисперсії за часом.

У четвертому розділі **«Обґрунтування економічної ефективності»** зроблено обчислення показників економічної ефективності від застосування методу вибору оптимального рішення при реалізації програмних проєктів, що дало можливість зробити висновок про доцільність проведення НДР.

У п'ятому розділ роботи **«Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розглянуто системи правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини під час трудової діяльності. Що безпосередньо дає змогу забезпечити належний рівень умов праці.

В даному розділі також розкриті питання безпеки в надзвичайних ситуаціях, а саме:

- Розглянуто питання шкідливих та небезпечних факторів при використанні комп'ютерних систем та захист від них користувачів. Класифіковано шкідливі та небезпечні чинники, які впливають на користувачів. Розглянуті професійні хвороби користувачів та методи їх передбачення.

- Досліджено механізм оцінки стійкості систем управління підприємством. Розглянуте питання запобігання надзвичайним ситуаціям та пом'якшення наслідків.

У шостому розділ роботи **«Екологія»** Досліджено питання антропогенного забруднення навколишнього середовища, розглянуті основні джерела антропогенного забруднення в Україні та світі, а саме: промисловість, сільське господарство, транспорт, побутова сфера. Також проаналізовано основні інструментів для оцінки стану навколишнього середовища, а саме екологічні показники. До уваги бралися стандарти що мають чинність в Україні, Східній Європі, Кавказі та Центральній Азії.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі магістра проведено дослідження алгоритмічного, програмного та апаратного забезпечення біометричної ідентифікації особи за голосом в комп'ютерних системах. Основні висновки і результати проведених емпіричних та теоретичних досліджень такі:

- Розглянуто предметну область біометричної ідентифікації. Проведено аналіз систем біометричної ідентифікації осіб за голосом, розглянуто основні недоліки таких систем. Проведено дослідження сучасних програмно-алгоритмічних методів біометричної ідентифікації за голосом.

- Було проведено дослідження методів класифікації осіб за голосом. Досліджувані алгоритми були протестовані в задачі бінарної класифікації. На основі даних отриманих в процесі тестування було досліджено оптимальний алгоритм для завдання бінарної класифікації: «класифікації за статтю диктора».

- Під час дослідження і тестування алгоритмів класифікації особи за голосом було обґрунтовано доцільність використання методів: Евкліда, опорних векторів, багатошарового перцептрона Румельхарта. Для задачі бінарної класифікації особи.

- Розглянуто характерність помилок першого і другого роду для досліджуваних алгоритмів. Обґрунтовано ймовірність виникнення помилки першого чи другого роду для кожного з алгоритмів, під час виконання завдання бінарної класифікації.

- Досліджено алгоритм формування аудіопотоку вхідних даних, які використовуються для ідентифікації особи.

- Проведено аналіз алгоритмів фільтрації аудіопотоку вхідних даних, а саме: усунення викидів та низькочастотної фільтрації.

- Проведено дослідження алгоритмів виявлення голосової активності у вхідному акустичному сигналі для відділення активного мовлення від фонового шуму або тиші, до таких алгоритмів належать: обчислення характеристик потужності, фільтрації і нормалізації, знаходження границь фраз, об'єднання близьких фраз, розширення і вікнування, ущільнення.

- Досліджено алгоритми видобування ознак з аудіопотоку вхідних даних MFCC, а саме: побудови спектрограми, логарифмічної частотної децимації, нормалізації по відносній потужності, обчислення середнього та дисперсії за часом.

- Зроблено висновок про доцільність проведення НДР.

- Розглянуто системи правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини під час трудової діяльності.

- Досліджено питання антропогенного забруднення навколишнього середовища.

Дослідження в напрямку біометричної ідентифікації особи за голосом необхідно продовжувати, оскільки це може суттєво полегшити життя простим користувачам, водночас підвищивши їх безпеку та зручність використання різноманітних сервісів. Ця технологія також може допомогти людям з обмеженими можливостями знову жити повноцінним життям і в меншій мірі або повністю не залежати від оточуючих.

СПИСОК ОПУБЛКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Пасіка Д. Аналіз алгоритмів та методів систем аутентифікації особи за голосом. [Електронний ресурс] / Дмитро Пасіка // Міжнародна науково-технічна конференція „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті) – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/25390>.

АНОТАЦІЯ

Пасіка Д.Р. Алгоритмічне та програмне забезпечення біометричної ідентифікації особи за голосом у комп'ютерних системах.

Дипломна робота магістра, 123 – Комп'ютерні системи та мережі. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

В дипломній роботі магістра виконано дослідження алгоритмічного та програмного забезпечення біометричної ідентифікації особи за голосом в комп'ютерних системах.

В роботі розглянуто системи біометричної ідентифікації особи, основні переваги і недоліки біометрії, зокрема ідентифікації за голосом. Розглянуто сфери застосування, компанії світового рівня що вже розглядають цю технологію.

Під час виконання дипломної роботи магістра було досліджено математичні моделі та методи класифікації. Серед розглянутих методів: метод Евкліда, метод опорних векторів та метод багатошарового перцептрона Румельхарта. Ці методи були протестовані завданням бінарної класифікації, на основі дослідів була вибрана система, алгоритм якої був найкращим для виконання завдання бінарної класифікації особи за голосом. У роботі наведені дані що-до помилок першого і другого роду, на основі проведених тестів.

Досліджено алгоритми: фільтрації, фіксування голосової активності, видобування ознак голосу з аудіопотоку.

Ключові слова: ідентифікація, алгоритм, біометрія, метод опорних векторів, метод Евкліда, метод багатошарового перцептрона Румельхарта.

ANNOTATION

Pasika Dmytro. Algorithmis and software of personal biometrical voice identification in computer systems.

Master's Thesis, 123 - Computer Systems and Networks. - Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

In the master's thesis, the research of algorithmic and software of biometric identification of a person by voice in computer systems was examined.

The paper considers systems of personal biometrical identification, the main advantages and disadvantages of biometrics, including voice identification. Areas of application, world-class companies that are already considering this technology are considered.

During the master's thesis work mathematical models and classifications were studied. Among the methods considered: the Euclidean method, the method of reference vectors, and the method of the multi-layer perceptron of Rumelhart. These methods were tested with the task of binary classification, on the basis of research the system was chosen, the algorithm of which was the best for performing the task of bilingual classification of a person by voice. The work contains data on the errors of the first and second kind, based on the tests performed.

The algorithms are investigated: filtering, fixing of voice activity, extraction of signs of voice from audio stream.

Key words: identification, algorithm, biometrics, method of reference vectors, Euclidean method, Rumelhart's method of multimode perceptron.