

МУДК 004.934.2

ВПЛИВ ПРОЦЕДУР НОРМАЛІЗАЦІЇ ГОЛОСОВОГО СИГНАЛУ СИСТЕМИ АВТЕНТИФІКАЦІЇ НА ЯКІСТЬ ФОРМАНТНИХ ДАНИХ

Пастушенко М.О., Пастушенко М.С., Шевченко А.О., Файзулаєв Т.А.

e-mail: anastasiia.shevchenko1@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки,
каф. ІКІ ім. В.В. Поповського,
м. Харків, Україна

The problem of increasing the security of telecommunication systems by improving the authentication system, which now widely uses biometric user attributes, is considered. From the point of view of the efficiency/cost criterion, the most promising are voice authentication systems. To reduce errors of the 1st and 2nd type in the systems under consideration and to qualitatively calculate the formant data of the user's voice signal, the influence of normalization procedures is studied. Using the example of processing the user's voice signal, the need to exclude normalization when assessing the spectrum width of individual formants is shown.

У сучасному світі інформаційні телекомунікаційні системи стали невід'ємною частиною як повсякденного життя людей, так і роботи більшості організацій. Водночас ці системи часто піддаються зовнішнім загрозам, що може порушити їхню функціональність. Одним із найефективніших способів захисту від таких загроз є впровадження систем автентифікації. Серед різноманітних методів автентифікації останнім часом особливої популярності набули біометричні технології, зокрема голосові системи автентифікації. Вони мають значні переваги у співвідношенні ефективності та вартості, проте їх точність усе ще потребує вдосконалення [1].

Одним із напрямів підвищення надійності голосових систем автентифікації є покращення цифрової обробки голосового сигналу. Саме завдяки більш детальному аналізу характеристик голосу користувача можна досягти підвищення точності ідентифікації та мінімізації рівня помилок. Це особливо важливо у сучасних реаліях, коли інформаційна безпека відіграє вирішальну роль у багатьох сферах людської діяльності. Цифрова обробка голосових сигналів включає кілька важливих етапів, які дозволяють покращити якість аналізу та точність розпізнавання голосових зразків [2]. Одним з основних напрямів є нормалізація даних, що необхідна для вирівнювання енергетичних параметрів сигналу, зменшення рівня шуму та оптимізації аналізу голосових характеристик. Нормалізація також дозволяє привести ознаки голосу до безрозмірного вигляду, що покращує точність порівняння зразків. Цей процес є важливою складовою у всіх сучасних системах автентифікації, адже він дозволяє значно знизити вплив зовнішніх факторів, таких як акустичні перешкоди або відхилення в параметрах

мовлення користувача. Формантні дані займають особливе місце у процесі розпізнавання голосу, оскільки включають частотні компоненти формант, рівень спектральної потужності, ширину спектру формант та спектральну огинаючу аналізованого сигналу.

Форманти представляють собою частотні області, у яких за рахунок резонансу посилюються певні гармоніки основного тону голосу. Вони є визначальними характеристиками мовної акустичної системи людини і безпосередньо залежать від геометрії мовного тракту. Оскільки довжина мовного тракту змінюється під час мовлення, відповідні зміни відбуваються й у формантних частотах [2]. Саме тому дослідження впливу нормалізації на формантні дані має велике значення для подальшого вдосконалення голосових систем автентифікації, оскільки дозволяє точніше налаштувати алгоритми аналізу та підвищити рівень надійності системи.

У ході дослідження аналізувалася українська голосна "о", вимовлена жінкою, з частотою дискретизації 64 кГц. Серед методів нормалізації були розглянуті пікова нормалізація, нормалізація за середньоквадратичним значенням та нормалізація за заданою нормою.

У цьому дослідженні використовувався метод, при якому рівень норми дорівнював максимальному значенню аналізованого фрагмента. Результати показали, що форма амплітудного спектра після нормалізації залишається незмінною, що дозволяє легко виділити перші шість формант. Однак починаючи із сьомої форманти, виникають труднощі з їх точним визначенням. Це пов'язано з тим, що більш високі форманти мають значно слабші енергетичні характеристики, що ускладнює їх точне визначення навіть за умов якісної нормалізації.

Проведений аналіз виявив, що нормалізація сприяє підвищенню рівня спектральної потужності кожної форманти приблизно на 30 дБ, при цьому загальна структура спектра залишається незмінною. Це підтверджує доцільність використання нормалізації у голосових системах автентифікації, оскільки вона дозволяє зберігати ключові характеристики мовлення, які використовуються для розпізнавання користувача. Додатково було встановлено, що частота формант після нормалізації не зазнає змін, що свідчить про стабільність методу щодо збереження важливих характеристик голосового сигналу.

Водночас ширина спектра формант збільшується після нормалізації, тому при практичній реалізації рекомендується оцінювати її на ненормалізованому сигналі для більш точної оцінки.

Отримані результати дослідження доводять, що нормалізація голосового сигналу є корисною процедурою для підвищення точності розпізнавання в голосових системах автентифікації, особливо при використанні формантних характеристик. Таким чином, удосконалення методів цифрової обробки голосового сигналу, зокрема нормалізації, є ключовим напрямом розвитку біометричних технологій, що відкриває нові

перспективи у сфері інформаційної безпеки. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку нових алгоритмів нормалізації, які ще точніше враховуватимуть індивідуальні особливості голосового сигналу та дозволять досягти ще більшого рівня точності ідентифікації.

Список використаних джерел:

1. Пастушенко М. О., Пастушенко М. С., Петраченко М. О. До питання оцінки ефективності біометричних систем. *Електронний науковий журнал «Проблеми телекомунікацій»*. 2023. С. 37–44.
2. Beigi H. *Fundamentals of Speaker Recognition* / H.Beigi // NY: Springer, 2011.– 942 p.