

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу  
Кухарічевої Катерини Андріївни  
на тему «Підвищення робастності систем автоматичного  
розпізнавання мови до дії завад»,  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
в галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації  
за спеціальністю 171 – Електроніка

### **Актуальність теми дисертації роботи**

Обрана тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки системи автоматичного розпізнавання мовлення (АРМ) є різновидом систем штучного інтелекту, до розробки яких наразі залучається все більше інформаційно-технологічних компаній. Проте точність розпізнавання мови системами АРМ суттєво залежить від ступеня спотворення мовного сигналу завадами різного характеру. До таких завад в першу чергу належать шум та реверберація, оскільки під час експлуатації систем АРМ на вулицях переважає шумова завада, тоді як робота у приміщеннях обов'язково супроводжується явищем реверберації.

Отже, тема дисертаційної роботи Кухарічевої Катерини Андріївни, що присвячена розробці нових та вдосконаленню існуючих методів підвищення точності систем АРМ в умовах негативної дії завад, є актуальною науково-технічною задачею.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше отримано кількісні оцінки ступеня підвищення точності розпізнавання мови, спотвореної шумом різної природи та інтенсивності, шляхом навчання системи автоматичного розпізнавання на спотворених шумом сигналах;

- вперше отримано кількісні оцінки ступеня підвищення точності розпізнавання мови, спотвореної реверберацією, шляхом навчання системи автоматичного розпізнавання на спотворених реверберацією сигналах;

- вдосконалено метод оцінювання розбірливості мови непрямым методом із використанням міри якості сигналів;
- уточнено висновки щодо залежності розбірливості мови від щільності відбиття звуку та часу реверберації з використанням імовірнісних моделей імпульсних характеристик приміщень;
- вдосконалено спосіб виявлення ефекту кліпування мовних сигналів, що базується на використанні коефіцієнта ексцесу та його функціональних перетворень як мір спотворення сигналів.

Результати дисертаційного дослідження обґрунтовані шляхом застосування здобувачем даних, отриманих із наукових літературних джерел, а також за допомогою аналізу шляхів розвитку методів підвищення точності розпізнавання мови системами АРМ в умовах негативної дії завад.

Достовірність обраних методів розв'язку сформульованих у дисертаційній роботі задач забезпечено шляхом зіставлення теоретичних результатів із результатами експериментальних досліджень, а також шляхом коректного застосування математичного апарату та методів комп'ютерного моделювання.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в рамках ініціативної НДР «Об'єктивне та суб'єктивне оцінювання якості та розбірливості мовлення» (№ДР 0116U008959) під керівництвом професора кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем, доктора технічних наук Продеуса Аркадія Миколайовича.

Таким чином, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання пошуку шляхів підвищення робастності систем АРМ до дії завад виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Кухарічевої К.А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 Електроніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації».



Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача в науковий напрям «Електроніка та телекомунікації».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Кухарічевої К.А. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською загальноприйнятною науковою мовою із використанням сучасної наукової термінології. Зміст дисертації є виваженим та цілісним в достатній мірі, робота відповідає темі досліджень.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку літературних джерел та 5 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 148 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та перераховано задачі дослідження, обґрунтовано обрані методи дослідження, наведено інформацію про наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію про висвітлення результатів роботи в періодичних наукових виданнях та про апробацію на наукових конференціях та семінарах. Показано зв'язок отриманих результатів з планами застосування в освітньому процесі, а також особистий внесок дисертанта.

У першому розділі наведено результати аналітичного огляду сучасних підходів до підвищення точності систем АРМ в умовах дії завад. При цьому показано, що в наукових працях недостатньо висвітлено напрям підвищення точності розпізнавання мови шляхом адаптації систем АРМ до дії завад. Виконано порівняння трьох підходів до побудови систем АРМ, що базуються на використанні прихованих марковських моделей (ПММ), глибинних нейронних мереж та гібридних систем. Для подальших досліджень дисертантом обрано моделі на основі ПММ та надано обґрунтування такого вибору.

У другому розділі дисертації наведено результати дослідження лінійних та нелінійних спотворень мовного сигналу у вигляді кліпування та реверберації. Під час аналізу нелінійних спотворень у вигляді кліпування запропоновано нові міри ступеня спотворення форми мовного сигналу у вигляді коефіцієнта ексцесу та функціонально пов'язаних із ним величин. Виконано порівняння запропонованого методу із конкурентним методом, що базується на аналізі наявності та розвиненості сплесків хвостової частини закону розподілу сигналу. Показано, що перевагою запропонованого методу є можливість як виявляти факт кліпування, так і оцінювати ступінь спотворення сигналу. Крім того, у другому розділі дисертації наведено результати експериментальних досліджень якості та розбірливості мови, спотвореної реверберацією, в аудиторіях різного розміру.

В третьому розділі представлено результати досліджень можливості підвищення робастності систем АРМ до дії шумової завади шляхом навчання систем АРМ на сигналах, спотворених адитивним шумом. При цьому розглянуто чотири комбінації характеристик навчальної та тестової вибірок, що відрізняються видом апіорної інформації про умови майбутньої експлуатації систем АРМ. Дисертантом виконано значний обсяг експериментальних досліджень, що дозволило отримати не лише достовірні результати, але й врахувати різноманіття спектрів шумів довкілля.

В четвертому розділі дисертаційної роботи наведено результати експериментальних досліджень, спрямованих на підвищення робастності системи АРМ в умовах переважної дії ревербераційної завади. Вплив шумової завади при цьому не враховувався. Виконано оцінювання ефективності роботи системи АРМ для різних варіантів навчання та тестування. При цьому використано кілька десятків імпульсних характеристик приміщень із значним діапазоном значень часу реверберації, що сприяло отриманню не лише достовірних результатів, але й дозволило врахувати різноманіття ревербераційних властивостей приміщень.

Анотація дисертації повністю відображає її основні положення. У висновках в достатньо повній мірі сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

У додатках надано інформацію стосовно досліджень точності розпізнавання системи АРМ з використанням методів навчання в умовах дії



шумової та ревербераційної завад, надано перелік імпульсних характеристик приміщень та відповідних оцінок часу реверберації.

Дисертаційну роботу оформлено відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлено у 9 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті в наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку фахових видань України, 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базах даних Scopus, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 1 патент на корисну модель.

Результати дисертації було апробовано на 4 наукових фахових конференціях.

Публікація результатів дисертаційних досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку на відсутність запозичень, є одним з елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. У дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

Таким чином, описані в дисертаційній роботі наукові результати повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

Загалом дисертаційна робота Кухарічевої Катерини Андріївни за своїм змістом відповідає зазначеній спеціальності 171 Електроніка, однак не є вільною від певних недоліків, тому можна зробити такі зауваження:

1. У висновках до Розділу 1 недостатньо повно висвітлено переваги та недоліки нейромережного підходу до побудови систем автоматичного розпізнавання мови.

2. У Розділі 2 на рис. 2.1 замість прикладу спотворення мовного сигналу наведено приклад спотворення музичного сигналу.

3. У Розділі 3 недостатньо обґрунтовано перелік видів шумових сигналів, що використовувалися в дослідженнях.

4. У Розділі 4 використано лише одне джерело інформації стосовно видів імпульсних характеристик, що використовувалися в дослідженнях.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Кухарічевої Катерини Андріївни на тему «Підвищення робастності систем автоматичного розпізнавання мови до дії завад» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 - 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Кухарічева Катерина Андріївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 Електроніка.

### **Рецензент:**

Доцент кафедри акустичних та  
мультимедійних електронних систем  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»  
кандидат технічних наук,  
доцент

М.П.

«22» листопада 2023 року

