

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.062.19 в Національному авіаційному
університеті

03680, м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1.

ВІДГУК

офіційного опонента професора кафедри прикладних інформаційних систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка доктора технічних наук, професора Сайка Володимира Григоровича на дисертаційну роботу Лавриненка Олександра Юрійовича за темою «Методи підвищення ефективності семантичного кодування мовних сигналів», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – «Телекомунікаційні системи та мережі»

Актуальність теми. Дисертаційна робота присвячена підвищенню пропускну здатності каналу передачі семантичних мовних даних в телекомунікаційних системах за рахунок ефективного їх кодування, тобто з якою мінімальною швидкістю можливо кодувати семантичні ознаки мовних сигналів із заданою ймовірністю безпомилкового їх розпізнавання, що є актуальною науково-технічною задачею враховуючи зростаючу тенденцію дистанційної взаємодії людей і роботизованої техніки за допомогою мови, де безпомилковість функціонування такого типу систем залежить від ефективності семантичного кодування мовних сигналів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Результати роботи відображені в науково-дослідних роботах Національного авіаційного університету за темами: «Технологія створення, експлуатації та експертизи комплексних систем захисту інформації», «Створення і дослідження нових систем захищеного авіаційного радіозв'язку в рамках Концепції CNS / ATM ICAO», а також в навчальному процесі кафедри

телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного авіаційного університету в рамках навчальної дисципліни – «Методи цифрової обробки мовних сигналів».

Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, додатків, списку використаних джерел, що в загальному обсязі становить 139 сторінок, зокрема 105 сторінок основного тексту, 38 рисунків, 5 таблиць, 26 сторінок додатків та 85 найменувань використаних джерел. Дисертація написана українською мовою.

У вступі подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність, сформульовано мету і задачі досліджень, відображено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації та впровадження.

У першому розділі досліджено відомий метод підвищення ефективності семантичного кодування мовних сигналів на основі мел-частотних кепстральних коефіцієнтів. Проблема полягає в тому, що представлений метод семантичного кодування мовних сигналів на основі мел-частотних кепстральних коефіцієнтів не дотримується умови адаптивності. Сформульовано основну наукову гіпотезу дослідження, яка полягає в тому, що підвищити ефективність семантичного кодування мовних сигналів можливо за рахунок використання адаптивного емпіричного вейвлет-перетворення. Під ефективністю кодування розуміється зниження швидкості передачі інформації із заданою ймовірністю безпомилкового розпізнавання семантичних ознак мовних сигналів, що дозволить значно знизити необхідну смугу пропускання, тим самим підвищуючи пропускну здатність каналу зв'язку.

У другому розділі дисертаційної роботи обґрунтовується можливість використання адаптивного емпіричного вейвлет-перетворення в задачах семантичного кодування мовних сигналів, а саме, вперше запропоновано використовувати метод адаптивного емпіричного вейвлет-перетворення в задачах семантичного кодування мовних сигналів, що дозволить підвищити

ефективність спектрального аналізу за рахунок розкладання високочастотного мовного коливання на його низькочастотні складові, а саме внутрішні емпіричні моди та доведено адаптивність емпіричного вейвлет-перетворення за допомогою сегментації спектра Фур'є, де компактні носії вейвлет-фільтрів Мейера напряму залежать від того, де знаходиться потрібна нам семантична інформація в спектрі мовного сигналу, також запропоновано підхід для кількісного виміру семантичної інформації, яка знаходиться в мовних сигналах.

Третій розділ присвячений розробці методу семантичного кодування мовних сигналів на основі адаптивного емпіричного вейвлет-перетворення, а саме, вперше розроблено метод семантичного кодування мовних сигналів на основі емпіричного вейвлет-перетворення, який відрізняється від існуючих методів побудовою множини адаптивних смугових вейвлет-фільтрів Мейера з подальшим застосуванням спектрального аналізу Гільберта для знаходження миттєвих амплітуд і частот функцій внутрішніх емпіричних мод, проведено адаптивну порогову обробку мовного сигналу з розрахунком оптимальних значень порогів функції вейвлет-фільтрації з мінімальним середньквдратическим відхиленням, для відкидання коефіцієнтів які характеризують амплітуди і частоти спектра малої потужності, що дозволить підвищити ефективність визначення семантичних ознак мовного сигналу.

У **четвертому розділі** представлені експериментальні дослідження розробленого методу семантичного кодування мовних сигналів на основі адаптивного емпіричного вейвлет-перетворення для знаходження миттєвої частоти і амплітуди мовного сигналу, а саме проведено порівняльний аналіз ПФ, КП та ВП в якості спектрального аналізу цифрових мовних сигналів в алгоритмах стиснення, де з результатів явно видно що ВП на базі вейвлет-функцій Sym12 та Db12 в 2.8 рази більше стискає досліджувальний сигнал аніж ПФ, та в 2.2 рази більше аніж КП при тій же самій якості КК – 0.95. Показано, що при збільшенні числа нульових моментів зростає довжина фільтра (фільтри: Dmey – 102 коефіцієнти, Coif5 – 30 коефіцієнтів, Sym12 та

Db12 – 24 коефіцієнти), що приводить до зростання обчислювальної складності. Показано, що розроблений метод семантичного кодування мовних сигналів на основі емпіричного вейвлет-перетворення дозволяє знизити швидкість кодування від 320 до 192 біт/с та необхідну смугу пропускання від 40 до 24 Гц з ймовірністю безпомилкового розпізнавання близько 0.96 (96%) і відношенням сигнал/шум 48 дБ, згідно чого його ефективність підвищується в 1.6 рази на відміну від існуючого методу, не перевищуючи при цьому пограничне значення затримки обробки і передачі даних в 300 мс, це дозволить системі функціонувати в режимі реального часу.

У висновках сформульовано основні наукові результати.

У додатках вміщено акти впровадження результатів дисертаційної роботи, 2 патенти і моделювання в середовищі MATLAB.

Наукова новизна результатів дисертації, що виносяться на захист, полягає у наступному:

- вперше розроблено метод семантичного кодування мовних сигналів на основі емпіричного вейвлет-перетворення, який відрізняється від існуючих методів побудовою множини адаптивних смугових вейвлет-фільтрів Мейера з подальшим застосуванням спектрального аналізу Гільберта для знаходження миттєвих амплітуд і частот функцій внутрішніх емпіричних мод, що дозволить визначити семантичні ознаки мовних сигналів та підвищити ефективність їх кодування;
- вперше запропоновано використовувати метод адаптивного емпіричного вейвлет-перетворення в задачах кратномасштабного аналізу та семантичного кодування мовних сигналів, що дозволить підвищити ефективність спектрального аналізу за рахунок розкладання високочастотного мовного коливання на його низькочастотні складові, а саме внутрішні емпіричні моди;
- отримав подальший розвиток метод семантичного кодування мовних сигналів на основі мел-частотних кепстральних коефіцієнтів, але з

використанням базових принципів адаптивного спектрального аналізу за допомогою емпіричного вейвлет-перетворення, що підвищує ефективність даного методу.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному: розроблений метод семантичного кодування мовних сигналів дозволяє знизити швидкість кодування від 320 до 192 біт/с та необхідну смугу пропускання від 40 до 24 Гц з ймовірністю безпомилкового розпізнавання близько 0.96 (96%) і відношенням сигнал/шум 48 дБ, згідно чого його ефективність підвищується в 1.6 рази на відміну від існуючого методу; результати дослідження впроваджені в науково-технічну діяльність Навчально-науково-виробничого комплексу «Інформаційно-комунікаційні системи» та навчально-науковому процесі кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем Національного авіаційного університету.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях, їх апробація на конференціях та семінарах. Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковано у 17-ти наукових працях, з яких 2 патенти на корисну модель, 10 статей у періодичних фахових виданнях України, 1 стаття у періодичних наукових виданнях держав Європейського Союзу, а також 4 тези доповідей на міжнародних IEEE конференціях, а саме: 4-й міжнародній IEEE конференції «Methods and Systems of Navigation and Motion Control» (Київ, 2016 р.), 5-й міжнародній IEEE конференції «Methods and Systems of Navigation and Motion Control» (Київ, 2018 р.), 5-й міжнародній IEEE конференції «Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments» (Київ, 2019 р.) на яких доповідалися і обговорювалися основні наукові результати дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків рекомендацій, їх достовірність. Основні наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, мають глибоку теоретичну та експериментальну обґрунтованість, що підтверджується коректністю постановки і вирішенням завдань дослідження; чітким формулюванням мети;

використанням широко апробованих методів спектрального аналізу (емпіричне вейвлет-перетворення, побудова адаптивних вейвлет-фільтрів Мейера, знаходження функції внутрішніх емпіричних мод, кепстральний аналіз, перетворення Гільберта для знаходження семантичних ознак мовних сигналів); цифрової обробки сигналів (сегментація спектра Фур'є, обробка банком трикутних мел-частотних фільтрів, логарифмування енергії спектра Фур'є, порогова обробка вейвлет-коефіцієнтів для знаходження семантичних ознак мовних сигналів); теорії електричного зв'язку (оцінювання коефіцієнта стиснення, швидкості передачі бітів, відношення сигнал/шум та пікового відношення сигнал/шум семантичних ознак мовних сигналів); теорії інформації та кодування (оцінювання кількості інформації, ентропії джерела, ефективності кодування, коефіцієнта надмірності та швидкості кодування семантичних ознак мовних сигналів); теорії ймовірностей і математичної статистики (оцінювання коефіцієнта кореляції, математичного очікування, дисперсії, середньоквадратичної помилки та ймовірності безпомилкового розпізнавання семантичних ознак мовних сигналів), наявність в дисертації структурних схем та алгоритмів свідчить про високий ступінь готовності результатів досліджень до широкого практичного застосування. Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, обумовлена їх широкою апробацією на національному та міжнародному рівнях та підтверджується експериментальними дослідженнями.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам до оформлення дисертацій.

Автореферат в цілому написаний у відповідності до існуючих вимог щодо кандидатських дисертацій, містить всі необхідні складові. У ньому викладена основна суть проведених досліджень, наведені висновки та список основних публікацій. Порівняння змісту автореферату з текстом дисертації дозволяє стверджувати, що він адекватно відображає всю дисертаційну

роботу і містить основну сутність виконаних досліджень і отриманих результатів.

Дисертація і автореферат написані українською мовою. Стиль викладення матеріалів відповідає загальноприйнятому для наукових видань. Дисертаційна робота є завершеним дослідженням. Вона містить вступ, чотири розділи, висновки, перелік використаної літератури, додатки. В роботі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета, задачі та наукова новизна досліджень, показані їх зв'язки з науковими програмами та планами, особистий внесок здобувача. Хотілося б відзначити структурованість роботи, чітке розділення досліджень на етапи, логічний зв'язок між ними, достатньо повне викладення суті та змісту проблемно-орієнтованих досліджень, що мають значущу наукову та прикладну цінність. В цілому текст роботи викладений на високому науково-професійному рівні. Наукові положення, висновки та рекомендації викладено чітко, читачем сприймаються однозначно. Оформлення дисертації та автореферату відповідає вимогам п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567. Висновки за дисертаційною роботою охоплюють основні результати теоретичних та практичних досліджень. Структура та виклад дисертації достатньо повно та вичерпно представляють виконані здобувачем дослідження.

Зауваження по дисертаційній роботі

Разом з тим, слід зазначити, що робота не позбавлена деяких недоліків, які, на мій погляд, полягають у наступному.

1. У першому розділі не в повній мірі пояснено, яким чином доведено, що існуючий метод семантичного кодування мовних сигналів на основі мел-частотних кепстральних коефіцієнтів не дотримується умови адаптивності.

2. У підрозділі 1.4 дисертації не достатньо описано чому використовується гребінка трикутних фільтрів саме в мел-шкалі і які переваги від цього.

3. У другому розділі запропоновано використовувати метод адаптивного емпіричного вейвлет-перетворення в задачах семантичного кодування мовних сигналів, що дозволить підвищити ефективність спектрального аналізу за рахунок розкладання високочастотного мовного коливання на його низькочастотні складові, а саме внутрішні емпіричні моди, та не до кінця зрозуміло, яким чином досягається адаптивність вейвлет-функції до досліджуваного сигналу.

4. В дисертації не чітко визначені обмеження практичного використання розробленого методу семантичного кодування мовних сигналів на основі адаптивного емпіричного вейвлет-перетворення.

5. У третьому розділі не повністю пояснена роль спектрального аналізу Гільберта у виділенні семантичних ознак мовних сигналів та яку задачу вирішує задана порогова функція вейвлет-фільтрації.

6. В четвертому розділі не детально описано, яким саме чином кількість не семантичної інформації і енергія семантичної інформації впливає на ймовірність розпізнавання семантичних ознак мовних сигналів.

Проте, вказані недоліки не зменшують загальної позитивної оцінки роботи, не впливають на достовірність, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

Рекомендації по використанню результатів дисертації. На сьогоднішній день у зв'язку з активним розвитком технологій розпізнавання і синтезу мови, голосового управління технічними об'єктами, низькошвидкісного кодування мовної інформації, голосового перекладу з іноземних мов і т.д., вирішення задачі семантичного кодування мовних сигналів має важливе науково-технічне значення, тому що саме від нього залежить ефективність функціонування даного типу систем.

Оцінка дисертації в цілому і висновки. Дисертаційна робота Лавриненка Олександра Юрійовича є завершеним науковим дослідженням, що містить вирішення актуальної науково-технічної задачі, в якій наведено результати досліджень від формулювання мети і задачі до практичного їх використання.

Вважаю, що дисертація Лавриненка Олександра Юрійовича має важливе наукове та прикладне значення. Робота написана на високому науковому рівні, викладена логічно, послідовно із застосуванням загально прийнятої наукової термінології.

Тематика та зміст дисертації повністю відповідають паспорту спеціальності 05.12.02 – «Телекомунікаційні системи та мережі», за якою вона подана до захисту, і профілю спеціалізованої вченої ради Д 26.062.19.

За актуальністю розглянутих питань, обсягом виконаних досліджень, теоретичною і практичною цінністю одержаних результатів, ступенем апробації та впровадженням дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 (зі змінами, внесеними згідно з постановами КМ № 656 від 19.08.2015 року, № 1159 від 30.12.2015 року, № 567 від 27.07.2016 року) та вимогам МОН України до кандидатських дисертацій і авторефератів.

Таким чином, Лавриненко Олександр Юрійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – «Телекомунікаційні системи та мережі».

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

професор кафедри прикладних інформаційних систем

факультету інформаційних технологій

Київського національного університету

імені Тараса Шевченка

доктор технічних наук, професор

Володимир САЙКО

