

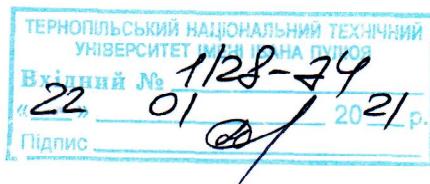
ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Дозорської Оксани Федорівни на тему:
„Математична модель та методи опрацювання біосигналів для задачі компенсації порушені комунікативної функції людини”,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні
методи

Актуальність теми дослідження

Комунікативна функція мови є найважливішим засобом обміну інформації між людьми. Однак, враховуючи щорічне зростання кількості людей із різного роду травмами чи захворюваннями органів систем дихання та/чи голосотворення, зростає і кількість людей із втраченою або порушену комунікативною функцією. При цьому актуальним в області реабілітаційної медицини є забезпечення можливості обміну інформації для таких людей шляхом використання способів опосередкованої (непрямої) компенсації порушені комунікативної функції. На сьогоднішній день відсутні методи опрацювання паралельно зареєстрованих електроенцефалографічних (ЕЕГ) сигналів, що зареєстровані з поверхні голови поблизу мовних центрів головного мозку, та електроміографічних (ЕМГ) сигналів, що зареєстровані з поверхні шиї поблизу голосових складок, для виявлення інформативних ознак структурних елементів мови. У зв'язку з цим, наукове завдання, яке полягає в обґрунтуванні вибору математичної моделі паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів і розробленні методу опрацювання їх для виявлення інформативних ознак намагання пацієнтів реалізувати комунікативну функцію (щось сказати) є актуальним.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їхня достовірність

Автором проведено аналіз проблематики компенсації порушені комунікативної функції людини в області реабілітаційної медицини, здійснене теоретичне та практичне обґрунтування шляхів її вирішення. Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, що наведені в дисертаційній роботі, досягається ретельним системним аналізом процесу реалізації комунікативної функції людини та способів компенсації цієї функції у випадках порушень у роботі дихальної системи та системи голосотворення. Коректність вибраного способу математичного опису та розроблених методів опрацювання біосигналів, що ними є ЕЕГ та ЕМГ сигнали, підтверджують



результати експериментальних досліджень та практичні результати, що наведені в актах впровадження.

Автором отримані кількісні показники достовірності результатів проведених експериментальних досліджень.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

Автором отримано такі наукові результати:

- вперше запропоновано спосіб опосередкованої компенсації порушені комунікативної функції людини, який ґрунтуються на паралельній реєстрації та опрацюванні ЕЕГ і ЕМГ сигналів для виявлення інформативних ознак намагання пацієнтів реалізувати комунікативну функцію (щось сказати);

- обґрунтовано вибір математичної моделі паралельно зареєстрованих ЕЕГ і ЕМГ сигналів у вигляді кусково стаціонарного випадкового процесу, яка має засоби врахування зміни значень параметрів таких сигналів під час реалізації комунікативної функції людини та визначення часових моментів появи цих змін;

- розроблено методи опрацювання паралельно зареєстрованих ЕЕГ і ЕМГ сигналів, що ґрунтуються на використанні методів спектрально-кореляційного аналізу та ковзного вікна, що дало можливість виявлення часових моментів появи змін у структурі цих сигналів при реалізації комунікативної функції людини;

- вперше обґрунтовано інформативні ознаки процесу реалізації комунікативної функції, що ними є усереднені оцінки розподілу спектральної густини потужності, обчислені з паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів в межах трансляцій ковзного вікна, які придатні для виявлення та ідентифікації структурних елементів мови при намаганні реалізувати комунікативну функцію.

Значущість отриманих результатів для науки і практики

Значущість отриманих результатів полягає у обґрунтуванні способу компенсації порушені комунікативної функції людини, в основі якого лежить паралельний відбір та опрацювання ЕЕГ і ЕМГ сигналів, а також обґрунтування математичної моделі таких біосигналів у вигляді кусково стаціонарного випадкового процесу, та розробленні методів їхнього опрацювання для отримання інформативних ознак, за якими стає можливим виявлення та ідентифікація структурних елементів мови при намаганні пацієнтами реалізувати комунікативну функцію.

Дисертаційна робота виконувалась в рамках науково-дослідної теми ВК 51-15 – «Методи та засоби виявлення патологічних станів для систем медичного контролю функціонального стану організму людини»

Практичне значення полягає в тому, що на основі розроблених методів опрацювання ЕЕГ і ЕМГ сигналів реалізовано алгоритми визначення інформативних ознак голосних та приголосних вокалізованих фонем з можливістю наступної їх ідентифікації, що можуть бути використані при побудові технічних систем компенсації порушені комунікативної функції людини. окремі результати досліджень, зокрема комп’ютерна програма опрацювання ЕЕГ сигналів та методика відбору і аналізу таких сигналів для оцінювання стану мовних центрів головного мозку використані в ТзОВ «Медичний центр ВІТАМІН» та в НВСЕМП «Медап».

Повнота викладення результатів у опублікованих матеріалах

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 18 наукових працях: 6 статтях наукових фахових видань України з технічних наук, 2 статтях в міжнародних періодичних виданнях, 1 статті у інтернет-виданні та 9 публікаціях у Міжнародних та Всеукраїнських наукових та науково-технічних конференціях.

В опублікованих працях викладено основні отримані результати. Рівень та кількість публікацій відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні.

Структура та зміст дисертації

Дисертаційну роботу викладено на 170 сторінках. Робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 125 посилань та чотирьох додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, відзначено зв’язок роботи з науковими темами, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об’єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про апробацію та опублікування результатів дисертаційного дослідження, особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** показано стан та основні причини порушень комунікативної функції людини, зокрема внаслідок отримання різного роду травм чи перенесення захворювань органів систем дихання та/чи голосотворення. Проаналізовано стан досліджень в області розпізнавання мови за ЕЕГ сигналами, ЕМГ сигналами мімічних м’язів обличчя та ЕМГ сигналами, що зареєстровані з поверхні шкіри поблизу голосових складок тощо. Показано недостатню інформативність таких окремо взятих сигналів для задачі

компенсації порушеній комунікативної функції людини. На основі аналізу біофізичних процесів реалізації комунікативної функції обґрунтовано спосіб компенсації порушень такої функції, що полягає в відборі та опрацюванні ЕЕГ сигналів, які зареєстровані з поверхні голови пацієнтів поблизу мовних центрів головного мозку та ЕМГ сигналів, які зареєстровані з поверхні шиї пацієнтів поблизу голосових складок. Показано, що в структурі першої групи біосигналів будуть проявлятись ознаки початку та закінчення процесу мовлення (намагання щось сказати), а в структурі другої групи біосигналів будуть проявлятись ознаки основного тону при намаганні пацієнтів вимовляти голосні та приголосні локалізовані звуки. Наведено, що використовуючи обґрунтований спосіб компенсації порушеній комунікативної функції, стає можливим виявляти часові моменти початку та закінчення намагання пацієнтом щось сказати, а між цими часовими моментами – виявляти часові інтервали присутності ознак основного тону. Це дає можливість наступної ідентифікації ознак окремих фонем та формування тексту чи озвучуваної мови того, що пацієнт намагався сказати.

Автором зазначено, що для практичної реалізації обґрунтованого способу компенсації порушеній комунікативної функції необхідним є розроблення методів опрацювання таких паралельно зареєстрованих біосигналів на основі певної математичної моделі, які давали б можливість виділення інформативних ознак процесу мовлення в структурі ЕЕГ та ЕМГ сигналів.

В другому розділі проведено аналіз різних типів математичних моделей ЕЕГ та ЕМГ сигналів та оцінено можливість використання їх для задачі компенсації порушеній комунікативної функції людини. Зокрема, автором розглянуто можливість подання ЕЕГ та ЕМГ сигналів в рамках детерміністського підходу (у вигляді періодичного та майже періодичного процесу) та імовірнісного підходу (у випадку стаціонарного випадкового процесу) щодо їхнього моделювання. Відзначено неадекватність таких моделей фізичній природі ЕЕГ та ЕМГ сигналів (у першому випадку) та задачі компенсації порушеній комунікативної функції (в другому випадку).

Припустивши, що ЕЕГ та ЕМГ сигнал на коротких інтервалах часу (до декількох секунд) в стані спокою (пацієнт не намагається щось сказати) може розглядатись як стаціонарний випадковий процес, а на таких же інтервалах часу при намаганні пацієнта щось сказати – як стаціонарний випадковий процес, але з відмінними для стану спокою імовірнісними характеристиками, автор обґрунтovує математичну модель паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів у вигляді кусково стаціонарного випадкового процесу.

Автором розроблено методи статистичного опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів на основі використання методів спектрально-кореляційного аналізу та методу ковзного вікна. При цьому проводиться обчислення розподілів спектральної густини потужності ЕЕГ та ЕМГ сигналів в межах трансляцій ковзного вікна. Методи включають основний та підготовчий етапи

опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів. Зокрема на підготовчому етапі, при намаганні пацієнтом вимовляти тестові звуки, слова та фрази, отримуються дані, необхідні для виявлення та ідентифікації окремих фонем при намаганні пацієнтом вимовляти довільні звуки, слова та фрази (основний етап).

В третьому розділі розглянуто питання експериментального відбору ЕЕГ та ЕМГ сигналів від осіб в стані медичної норми для верифікації математичної моделі та розроблених методів опрацювання таких сигналів з обґрунтуванням можливості застосування цих методів для опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів від осіб з порушенням комунікативною функцією.

Для відбору ЕЕГ сигналів використано 16-ти каналний електроенцефалографічний комплекс Нейроком (ХАІ Медика). В результаті попереднього опрацювання ЕЕГ сигналів автором показана можливість встановлення часових моментів початку та закінчення намагання особами щось сказати подумки.

Враховуючи обмежені функціональні можливості використованого електроенцефалографічного комплексу «Нейроком», автором розроблено блок відбору біопотенціалів для реєстрації ЕМГ сигналів з поверхні шиї, який являє собою один канал підсилення електроенцефалографічного комплексу Нейроком з розширеною смugoю пропускання. Автором проведено відбір ЕМГ сигналів з поверхні шиї поблизу голосових складок із паралельним відбором голосових сигналів (для підтвердження можливості виявлення ознак основного тону в структурі таких сигналів).

Також автором отримано вирази для обчислення статистик ЕЕГ та ЕМГ сигналів та розроблено блок-схеми алгоритмів обчислення таких оцінок на підготовчих етапах розроблених методів опрацювання.

В четвертому розділі проведено опрацювання відібраних ЕЕГ та ЕМГ сигналів для верифікації обґрунтованої математичної моделі та розроблених методів їхнього опрацювання.

Проведено обчислення оцінок розподілу спектральної густини потужності ЕЕГ сигналу в межах трансляцій ковзного вікна та наступне їх усереднення за частотою і потужністю. Автором встановлено, що значення отриманих усереднених оцінок розподілу спектральної густини потужності для стану спокою відрізняються більше ніж на порядок відносно таких же оцінок, обчисленних для стану намагання особами щось сказати. Значення цих оцінок використано як критерій встановлення часових моментів початку та закінчення намагання пацієнтами реалізації комунікативної функції людини.

Проведено обчислення оцінок розподілу спектральної густини потужності ЕМГ сигналу в межах трансляцій ковзного вікна та наступне їх усереднення за частотою і потужністю в діапазоні існування частоти основного тону (значення цього діапазону отримується на підготовчому етапі опрацювання ЕМГ сигналів). Автором встановлено, що отримані значення усереднених оцінок розподілу спектральної густини потужності є

інформативними ознаками основного тону, а за їх значеннями можна виявляти часові моменти присутності таких ознак в структурі ЕМГ сигналів. Автором розроблено блок-схеми алгоритмів опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів розробленими методами.

Автором проведено оцінювання достовірності отриманих результатів, зокрема при опрацюванні ЕЕГ сигналів. Застосувавши критерій Фішера автор показав, що з достовірністю 99% можна встановлювати часові інтервали початку та закінчення процесу мовлення шляхом опрацювання ЕЕГ сигналів розробленими методами.

Також автором запропоновано спосіб технічної реалізації конструкції системи компенсації порушені комунікативної функції людини на основі запропонованого способу компенсації та на основі блок-схем алгоритмів опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів та конструкції активних сухих електродів для відбору ЕЕГ та ЕМГ сигналів.

Автореферат в загальному відображає основні наукові результати, практичну значущість та висновки.

Дисертаційна робота та автореферат оформлені у відповідності з вимогами, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні.

Зауваження по дисертациї

До зауважень щодо матеріалів дисертаційної роботи та автореферату можна віднести наступні:

1. В огляді літератури варто було більш уваги приділити аналізу інформативних ознак структурних елементів мови.
2. Підрозділ «Практичне значення одержаних результатів», зокрема: «..на базі запропонованої математичної моделі розроблено методи опрацювання ЕЕГ і ЕМГ...», варто було б перефразувати, оскільки це вже вказано в. п.3 «Наукової новизни одержаних результатів»: «розвроблено методи опрацювання ЕЕГ та ЕМГ сигналів...»
3. В дисертаційній роботі недостатньо обґрунтовано вибір методу "спектрального віднімання" для зниження рівня шумів, Бажано було чисельно порівняти його ефективність з відомими фільтрами Вінера, Калмана, Савицького-Голе, тощо.
4. В роботі "припущенено, що із зменшенням ширини вікна точність визначення часових інтервалів наявності ознак ОТ підвищиться. Проведено опрацювання ЕМГ сигналу розробленим методом із застосуванням ковзного вікна, ширина якого становила 25 та 10 періодів ОТ" (стор. 128) Бажано було обґрунтувати вибір розміру ковзного вікна за чисельним критерієм, який би давав комплексну оцінку як точності визначення часових інтервалів наявності ознак ОТ, так і витрати часу на обчислення, наприклад, у вигляді графіку (від розміру вікна).

5. В дисертаційній роботі зазначено, що "обґрунтування вибору значення порогу не проводилось, оскільки необхідним є набір статистики ЕМГ сигналів із пацієнтів з порушенням комунікативною функцією а значення порогу є індивідуальною характеристикою кожного окремого пацієнта і впливатиме на чутливість та точність методу опрацювання. В роботі ж апріорно вибрано поріг на рівні 0,01 мкВ2." (стор.127). Проте, оскільки точність методу опрацювання сигналу суттєво залежить від вибору значення порогу, який має бути індивідуальним для кожного окремого пацієнта, бажано було представити методику вибору порогу за експериментально отриманими вибірками ЕМГ сигналів для конкретного пацієнта.

6. В роботі недостатньо обґрунтовано план експериментальних досліджень.

7. По висновкам. Висновок 3 надто декларативний; не обґрунтовано вибір способу математичного опису біосигналів з врахуванням їх фізичної природи та форм проявів у їхній структурі ознак окремих структурних елементів мови згідно задачі 3, зовсім відсутній висновок за задачею 1.

8. У тексті зустрічаються поодинокі стилістичні та друкарські помилки, невдалі вислови (наприклад, Голтерівський моніторинг замість Холтерівський моніторинг (стор.65), в таблиці 2.2 (стор. 54) назва стовбця «Модель» не відповідає його змісту; рис. 4.17 (стор.130) має неточності; у «списку використаних джерел» не вказано кількість сторінок джерел 80 та 108).

Вказані недоліки та зауваження не знижують наукової та практичної цінності роботи і не впливають на її загальну оцінку

Загальна оцінка роботи і висновки

Дисертаційна робота Дозорської О.Ф. на тему „Математична модель та методи опрацювання біосигналів для задачі компенсації порушені комунікативної функції людини”, є завершеною науковою працею, в якій отримано нові теоретично обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують актуальну наукову задачу обґрунтування вибору математичної моделі паралельно зареєстрованих ЕЕГ та ЕМГ сигналів і розроблення методів їхнього опрацювання для виявлення інформативних ознак, що необхідні для проведення компенсації порушені комунікативної функції людини.

Дисертація написана сучасною науково-технічною мовою, послідовно, логічно і грамотно. Стиль викладення матеріалу забезпечує доступність його сприйняття. Робота виконана здобувачем самостійно. Ознаки академічного плагіату відсутні.

Автореферат дисертації достатньо повно розкриває її зміст.

Опубліковані Дозорською О.Ф. наукові праці за темою дослідження повністю відображають основні положення дисертації.

Дисертаційна робота містить нові науково-обґрунтовані результати і цілком відповідає вимогам паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

За актуальністю теми, теоретичною цінністю та практичною значимістю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема (п. 9, 11, 12 щодо кандидатських дисертацій) „Порядку присудження наукових ступенів” затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами), а її автор, Дозорська Оксана Федорівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:

Завідувачка кафедри радіоелектронних
та біомедичних комп'ютеризованих
засобів та технологій
Національного аерокосмічного університету
ім. М.Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут»,
доктор технічних наук, професор

Висоцька О.В.

Підпись Висоцької О.В. зауважую

Б.О. канд. ВК



Підпись зауважу