

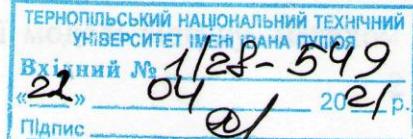
ВІДГУК
офиційного опонента
на дисертаційну роботу **Тимківа Павла Олександровича** на тему:
«Ідентифікація параметрів математичної моделі відгуку ретини ока на низькоінтенсивну стимуляцію»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та
обчислювальні методи

Актуальність теми дисертаційної роботи

Впродовж останніх років спостерігаємо широке використання електроретинографічного методу як для діагностики зору, так і для функціонального стану організму. Зокрема, застосування даного методу сприяє підвищенню рівня об'єктивності та достовірності встановленого діагнозу, скороченню часу проведення обстеження, зокрема дає змогу виявляти та оцінювати ризики нейротоксикації (виявляти тип токсину, визначати дозу, оцінювати тривалість впливу).

Відомо, що велика інтенсивність стандартного світлового подразнення, призводить до збільшення часу відновлення ока, і, як наслідок, до тривалості проведення процедури, а необхідність декількох реєстрацій електроретиносигналу при застосуванні когерентної фільтрації – до дискомфорту пацієнта. Впровадження малоінвазивних та неінвазивних підходів, збільшення ризиків нейротоксикації внаслідок негативного антропогенного впливу (використання нових, маловживаних хімічних сполук як у побуті так і в промисловості), висуває нові вимоги до методів дослідження ретини. При цьому отримують електроретиносигнали, що значно спотворені шумами внаслідок зниження відношення енергії сигналу до енергії шуму, саме тому виникає наукове завдання удосконалення методу ідентифікації параметрів математичної моделі відгуку біооб'єкту на його низькоінтенсивне тестове світлове подразнення для підвищення ефективності віддаленого автоматизованого контролю та підтримки функціонального стану організму людини.

Наведені аргументи визначають актуальність удосконалення методу ідентифікації параметрів математичної моделі відгуку біооб'єкту на його низькоінтенсивне тестове світлове подразнення для підвищення ефективності віддаленого автоматизованого контролю та підтримки функціонального стану організму людини.



Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, їхня достовірність

Наукова новизна отриманих результатів у роботі полягає у наступному:

1. Вперше обґрунтовано та застосовано метод ідентифікації коефіцієнтів обчислювальної моделі електроретиносигналу неградієнтним методом Хука-Дживса, що дало змогу суттєво зменшити час цієї ідентифікації.
2. Вперше отримано змогу використати функціональну залежність закону Вебера-Фехнера для низькоінтенсивної електроретинографії, планування подальших наукових експериментів та досліджень при зниженні інтенсивності тестового світлового подразнення.
3. Отримав подальший розвиток метод оцінювання та бінарної класифікації параметрів обчислювальної моделі електроретиносигналу, що дає змогу оперативної діагностики порушення функціонального стану організму та їх усунення.
4. Уперше, за допомогою ROC-аналізу, визначено показники чутливості та специфічності запропонованого методу параметричної ідентифікації моделі відгуку ретини для підвищення ефективності віддаленого, автоматизованого контролю та підтримки функціонального стану організму.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій визначається їх відповідністю сучасному стану математичного моделювання, підтверджується:

- адекватним застосуванням математичної моделі відгуку ретини та тестове світлове подразнення у вигляді рекурсивної обчислювальної структури 2-порядку для віддаленої автоматизованої діагностики функціонального стану організму людини;
- коректним застосуванням методів оптимізації параметричної ідентифікації обґрунтованої моделі для адаптивно-рекурсивного опрацювання низькоінтенсивного відгуку ретини на тестове світлове подразнення та їх верифікацією при розробці алгоритмів ідентифікації параметрів моделі.

Ефективність використаного підходу підтверджена апробаціями на наукових конференціях та впровадженнями, про що свідчать відповідні акти.

Достовірність одержаних в дисертації результатів і висновків забезпечується коректністю використання математичного апарату обчислювальної математики, теорії випадкових процесів і математичної статистики, цифрового опрацювання сигналів та ROC-аналізом запропонованого методу параметричної ідентифікації моделі відгуку. Шляхом

застосування критерію Неймана-Пірсона проведено верифікацію методу та розробленого алгоритму ідентифікації параметрів моделі відгуку, що дає змогу з високою ймовірністю прийнятого рішення на рівні 0,996 ідентифікувати параметри моделі з можливістю застосування їх у адаптивно-рекурсивній фільтрації.

Огляд змісту роботи

Дисертаційна робота складається із переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та 4 додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 197 сторінок, з яких 144 сторінки основного тексту, список використаних джерел містить 149 найменувань. У додатках наведені лістинги комп'ютерних програм, акти впровадження результатів досліджень дисертаційної роботи.

У **вступі** висвітлено актуальність теми та вибір напрямку наукових досліджень, сформульовано мету, об'єкт і предмет досліджень, сформульовано задачі дослідження, охарактеризовано наукову новизну, практичне значення, а також апробацію та опублікування результатів проведених досліджень.

У **першому розділі** обґрунтувано актуальність задачі діагностування функціонального стану організму на основі аналізу відгуку ретини на тестове світлове подразнення зниженої інтенсивності. Розглянуто підходи оцінювання ризиків нейротоксиції та особливості використання низькоінтенсивного відгуку ретини при діагностиці функціонального стану пацієнта. Проведено аналітичний огляд методів опрацювання типового відгуку ретини ока у вигляді амплітудо-часових характеристик ретинограми, а також параметричну ідентифікацію моделі низькоінтенсивного досліджуваного сигналу.

У **другому розділі** проведено аналіз відомих методів параметричної ідентифікації моделі відгуку ретини на світлове подразнення. Встановлено, що отриманий низькоінтенсивний відгук ретини значно спотворений шумами внаслідок зниження відношення енергії сигналу до енергії шуму, а рівень біошумів, шумів від системи відбору та нерівномірності освітлення залишається сталим відносно стандартної електроретинографії при зменшенні рівня корисного сигналу.

Оскільки використання фільтру рекомендованого стандартом ISCEV, виявляється неефективним то застосовують додаткові методи опрацювання низькоінтенсивного електроретиносигнал при малому відношенні сигнал/шум. Складність опрацювання, додатково збільшується внаслідок невідомої або

прихованої природи токсину та його впливу на організм людини, що відображається в зміні амплітудо-часових параметрів хвиль чи виникненні нових елементів хвилі в електроретиносигналі.

Встановлено, що використання узгодженої фільтрації (у значенні фільтра Норса) чи оптимальної фільтрації Колмогорова-Віннера (з критерієм оптимальності мінімуму середньоквадратичного відхилення) до опрацювання низькоінтсивного електроретиносигналу є ускладнено невідомою зміною форми відгуку сітківки чи появою нових сегментів при впливі токсинів.

У третьому розділі досліджено методи параметричної ідентифікації та проведено порівняння їх часової складності при визначення коефіцієнтів математичної моделі відгуку ретини ока при зниженні інтенсивності тестового світлового подразнення.

Запропоновано алгоритм параметричної ідентифікації математичної моделі відгуку ретини зі зниженою інтенсивністю на основі прямого повного перебору та застосування при синтезі оптимального фільтру.

Розв'язано задачу статичної оптимізації у вигляді знаходження параметрів моделі за критерієм оптимальності підбору відповідних коефіцієнтів a_1 та a_2 з метою врахування схожості змодельованого відгуку ретини до еталонного.

Реалізовано алгоритм пошуку коефіцієнтів математичної моделі та проведено порівняння часу визначення коефіцієнтів методом прямого перебору та методом Хука-Дживса.

У четвертому розділі проведено верифікацію методу параметричної ідентифікації на прикладі стратегії пошуку за алгоритмом Хука-Дживса, що показало ефективність його застосування до задач параметричної ідентифікації моделі. Характерною особливістю двокрокового алгоритму Хука-Дживса (досліджаючого пошуку та пошуку за зразком), уможливлює ефективне використання цього алгоритму до задачі оптимізації процесу ідентифікації параметрів моделі відгуку на тестове світлове подразнення для діагностування стану функціонального стану організму. Це дозволило значно скоротити час параметричної ідентифікації у понад 120 разів, при інших однакових умовах. Методом статистичного випробування, проведено визначення достовірності методу визначення коефіцієнтів. Оцінювання достовірності проведено опираючись на баєсівську концепцію теорії ймовірності, та побудовано критерій затвердження рішення. Для оцінювання якості бінарної класифікації адаптовано критерій Неймана-Пірсона. Використаний ROC-аналіз показав

вишу чутливість та специфічність отриманого удосконаленого методу в порівнянні з методом повного прямого перебору. Розраховано показник AUC для методу прямого направленого перебору і методу визначення коефіцієнтів у декілька ітерацій, який показав більшу чутливість та специфічність (на 5-10%) удосконаленого методу.

Список використаних джерел відображає найбільш значущі наукові роботи, пов'язані з тематикою дисертації.

Практична цінність і значення дисертаційної роботи

Запропоновані методи та алгоритми параметричної ідентифікації моделі відгуку ретини, які розроблені в дисертаційній роботі, доведено до їх комп'ютерної реалізації. Розроблено пакет прикладних програм у середовищі MATLAB щодо параметричної ідентифікації для ефективного віддаленого автоматизованого контролю та підтримки функціонального стану організму людини.

Матеріали дисертаційної роботи впроваджені в науково-виробничому експериментальному малому підприємстві «Медап» та «Випробувальній лабораторії Х-променевої медтехніки» (Методика виконання вимірювань № МВ-001LED-2017 «Метрологія. Визначення світлотехнічних параметрів низької інтенсивності світлодіодів медичного призначення. Методика вимірювань»).

Враховуючи основні положення дисертаційної роботи та особистий внесок в публікаціях, що належать автору, за темою дисертації можна зробити висновок, що дисертація Тимківа П.О. «Ідентифікація параметрів математичної моделі відгуку ретини ока на низькоінтенсивну стимуляцію» є самостійною та завершеною науковою працею, що вносить істотний вклад у розвиток електроретинографічних систем для діагностики функціонального стану організму людини. Всі результати та висновки є науково обґрунтованими та експериментально підтвердженими.

Повнота викладення результатів у опублікованих матеріалах

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 21 наукових працях: з них у 7 статтях наукових фахових видань України з технічних наук, 1 публікація в інтернет-виданні та 13 публікацій у матеріалах Міжнародних та Всеукраїнських наукових та науково-технічних конференцій (2 праці – у виданнях, що зареєстровані у наукометричній базі з міжнародним індексом цитування Scopus).

Особистий внесок здобувача у спільних публікаціях відображені в дисертації та авторефераті. Основні наукові результати, які викладені в спільних публікаціях, отримані дисертантом самостійно.

Рівень та кількість публікацій відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні.

Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації та автореферату

Дисертаційна робота написана на належному мовностилістичному рівні, застосована наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладу результатів теоретичних та практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття і використання іншими дослідниками. Автореферат повністю відповідає змісту дисертації, написаний грамотно, державною мовою з використанням сучасної наукової термінології. Оформлення дисертаційної роботи і автореферату відповідає встановленим вимогам МОН України, що висуваються до кандидатських дисертацій, у тому числі п. 11 "Порядку присудження наукових ступенів".

По дисертаційній роботі варто відзначити наступні зауваження:

1. У переліку умовних позначень, який наведений у дисертації, є лише список скорочень і немає переліку умовних позначень.
2. В авторефераті немає пояснення до рис. 2, зокрема не вказано, що означають коефіцієнти обчислювальної моделі відгуку.
3. У дисертації рис. 1.13 та рис. 2.7 повністю одинакові, тому достатньо було раз його представити, а в подальшому наводити відповідне посилання.
4. Підписи параметрів на осіх координат до рис. 3(б) в авторефераті та рис. 1.9, 3.11 (б), 3.14, 3.16, 4.2 дисертації важко прочитати, оскільки виконані дуже малим шрифтом.
5. Порівняльний аналіз ефективності запропонованого удосконаленого методу опрацювання електроретино сигналу необхідно було проводити в порівнянні з декількома методами, а не лише з одним методом-прототипом, вказавши їх особливості.
6. На рис. 5, 6, 7, 8, 9 автореферату та рис. 3.1, 3.2, 3.5, 3.6, 4.3, 4.4, 4.7, 4.11, 4.14 підписи до осей координат доцільно було виконати у вигляді відповідних умовних позначень та символів, а не слів. Зокрема на рис. 3.15 дисертації по осі ординат написано «Кількість», хоча не вказано чого саме. Умовні позначення та символи доцільно було представити в списку скорочень дисертаційної роботи.

7. В авторефераті вказано, що публікація [18] проіндексована в науково-метричній базі Scopus, хоча така публікація у списку праць зазначена під номером 20; у авторефераті не вказано про особистий внесок здобувача у публікаціях [13], [20].

8. Необхідно було розглянути більшу кількість електроретиносигналів при різних функціональних станах організму для побудови відповідних діагностичних просторів та встановлення відстані між ними з представлення відповідних інтерфейсів розробленого програмного забезпечення для електроретинографічних систем.

9. У текстах автореферату та дисертаційної роботі подекуди зустрічаються граматичні помилки, стилістичні та формальні неточності. Зокрема в тексті автореферату слово «Кафедра» пишеться з малої літери; не коректне скорочення «2-ого»; у слові «подразнення» (в змісті дисертації) потрібно писати дві літери «н»; у авторефераті та дисертації потрібно було вказати, що основний текст викладено на 144 сторінках, а не на 152 сторінках; нумерацію списку публікацій здобувача (Додаток А1) потрібно було починати з 1 номера, а не з 22 номера.

Однак, вказані недоліки не знижують наукової та практичної цінності роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Загальна оцінка роботи і висновки

Дисертаційна робота Тимківа Павла Олександровича на тему «Ідентифікація параметрів математичної моделі відгуку ретини ока на низькоінтенсивну стимуляцію» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати: поставлена і вирішена актуальна наукова задача удосконалення методу ідентифікації параметрів математичної моделі відгуку біооб'єкту на його низькоінтенсивне тестове світлове подразнення для підвищення ефективності віддаленого автоматизованого контролю та підтримки функціонального стану організму людини.

Робота у достатній мірі проілюстрована рисунками, графіками, таблицями. Оформлена акуратно, у відповідності із вимогами, які ставляться до дисертаційних робіт.

Опубліковані наукові праці Тимківа Павла Олександровича за темою дослідження повністю відображають основні положення дисертації.

Автореферат дисертації достатньо повно розкриває її зміст.

Дисертаційна робота містить нові науково-обґрунтовані результати, які є важливими на сучасному етапі опрацювання низькоінтенсивного електроретино сигналу для систем ефективного віддаленого автоматизованого контролю та підтримки функціонального стану організму людини, і цілком відповідає вимогам паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

За актуальністю розглянутої проблеми, обсягом проведених досліджень, їх науковим рівнем та практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів" (зокрема п. 9, 11, 12 щодо кандидатських дисертацій), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами), а її автор Тимків Павло Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:

Доцент кафедри медичної інформатики

Тернопільського національного медичного

університету ім. І.Я. Горбачевського,

доктор технічних наук, доцент

А.С. Сверстюк

Підпис д.т.н., доцента, доцента кафедри медичної інформатики

Тернопільського національного медичного

університету ім. І.Я. Горбачевського з а в у р я ю:

засвідчений
старший ректора з кадрових питань
Тернопільського національного
медичного університету

Вчений секретар

Тернопільського національного медичного

університету ім. І.Я. Горбачевського

проф. Герасимюк І.Є.

Наведені аргументи визначають актуальність удосконалення методу ідентифікації параметрів математичної моделі впливу Світла на людської інтенсивність тестове світлове подразнення для підвищення ефективності віддаленого автоматизованого контролю та підтримки функціонального стану організму людини.