

**Голові спеціалізованої вченої
ради К58.052.06 Тернопільського
національного технічного університету
46001, м. Тернопіль,
вул. Руська, 56**

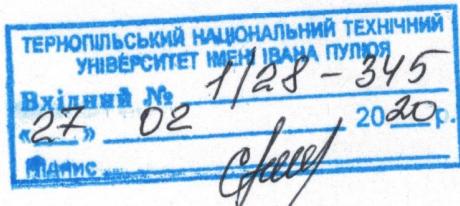
ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Стадник Марії Андріївни** на тему:

“Інформаційна технологія аналізу усталених зорових викликаних потенціалів у задачах офтальмодіагностики”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційної роботи. Існує низка офтальмологічних захворювань, причиною яких можуть бути пошкодження мозку, травми голови, психічні захворювання, які не завжди можуть бути ідентифіковані стандартними процедурами діагностики. Також існують умови при яких наявні офтальмологічні методи не можуть бути використаними, а саме: діагностика зорового аналізатора у немовлят, неконтактних хворих, у післяопераційний період. Завдяки властивості усталеного зорового викликаного потенціалу (ЗВП) – стійкості до завад та артефактів, такий тип сигналу вважається найбільш доцільним для діагностики при вищевказаних умовах. Розробка та впровадження інтелектуальної інформаційної технології безумовно сприятиме підвищенню ефективності процесу офтальмодіагностики. Характерною рисою усталеного ЗВП є циклічність, пов’язана із біофізичною властивістю генерування електричної активності при зовнішній стимуляції та взаємозв’язок між каналами реєстрації. Не виникає сумніву щодо необхідності врахування вказаних властивостей досліджуваного сигналу в інформаційній технології та актуальності її розробки, шляхом використання адекватної математичної



моделі та методів ідентифікації інформативних параметрів, прийняття діагностичних рішень.

Наукова новизна, обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності процесу офтальмодіагностики завдяки аналізу усталених зорових викликаних потенціалів та розробці інформаційної технології на основі математичної моделі, методів ідентифікації інформативних параметрів і прийняття рішення з врахуванням особливостей досліджуваного сигналу. У результаті проведення досліджень отримано такі нові наукові результати:

Вперше:

- розроблено математичну модель двоканального усталеного зорового викликаного потенціалу у вигляді двовимірного лінійного періодичного випадкового процесу;
- запропоновано використання двовимірного розкладу Карунена-Лоєва для ідентифікації діагностичних параметрів за усталеними ЗВП.

Набули подальшого розвитку:

- метод ортогональних розкладів для ідентифікації інформативних параметрів за математичним сподіванням усталених ЗВП, який на відміну від існуючого враховує стохастичну періодичність досліджуваного сигналу;
- метод бінарної класифікації усталених ЗВП на основі модифікованого алгоритму k – найближчих сусідів.

Для розв'язання задач дисертаційного дослідження використано основні положення лінійної алгебри, теорії функцій дискретного аргументу, теорії випадкових процесів та математичної статистики, чисельних методів, алгоритмів машинного навчання з вчителем.

Наукові положення, висновки, рекомендації забезпечуються:

- обґрутованим викладенням матеріалу теоретичних розробок та коректністю використаних математичних методів;
- апробацією результатів дисертаційного дослідження на наукових конференціях та публікацією у фахових журналах за напрямом дослідження;
- результатами проведених експериментів та ефективним практичним впровадженням.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Наукові результати дисертації повною мірою представлені у публікаціях автора. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, з них: 5 статей у наукових фахових виданнях України (одноосібних статей – 1) та 8 тез доповідей у працях міжнародних та всеукраїнських наукових та науково-технічних конференцій. Публікації входять до наукометричних баз даних з міжнародним індексом цитування: Scopus – 2 (з них 1 у періодичному виданні квартилю Q3), Index Copernicus, DOAJ, EBSCO, Polish Scholarly Bibliography, Norwegian Social Science Data Services.

Опубліковані в авторефераті положення співпадають з основними положеннями дисертаційної роботи.

Оцінка змісту дисертаційної роботи, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 117 найменувань та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 198 сторінок, з яких 147 сторінок основного тексту, 9 додатків на 22 сторінках, та містить 48 рисунків, 108 формул, 11 таблиць.

Дисертаційну роботу та автореферат написано українською мовою. Автореферат відповідає змісту дисертації, написаний орфографічно та граматично правильно, з використанням сучасної української наукової термінології.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі, наведено використані методи дослідження, сформульовано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, показано зв'язок роботи з науковою темою. Наведено дані про впровадження результатів роботи, їх апробацію, публікації та особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячений огляду наявних інформаційних технологій аналізу усталених зорових викликаних потенціалів згідно окреслених критеріїв: використаної математичної моделі, алгоритму ідентифікації інформативних параметрів, алгоритму прийняття рішення, застосованих інструментальних засобів та технологій.

У *другому* розділі визначено вимоги до математичної моделі та розроблено у вигляді двовимірного лінійного періодичного випадкового процесу, що враховує біофізичну природу формування усталеного ЗВП та його періодичні властивості, випадковий характер викликаних потенціалів, взаємовплив між каналами реєстрації. Розроблена модель є основою для ідентифікації інформативних параметрів та прийняття рішення в інформаційній технології для офтальмодіагностики.

У *третьому* розділі наведено детальний опис особливостей технічного та програмного забезпечення процесу реєстрації усталеного ЗВП при різних частотах стимуляції, характеристик експериментів, які проводились із використанням технічної бази Тернопільського національного медичного університету. Врахувавши результати статистичного аналізу, що засвідчують наявність нормальногорозподілу досліджуваного сигналу, математичне сподівання та кореляційну функцію було обрано та використано для ідентифікації інформативних характеристик. Розроблено алгоритм формування комплексу діагностичних параметрів, що складається відповідно із множини коефіцієнтів розкладу математичного сподівання за ортонормованим базисом поліномів Чебишева дискретного аргументу та множини власних векторів кореляційної функції, отриманих з використанням двовимірного розкладу Карунена-Лоєва. Розроблено алгоритм бінарної класифікації на основі модифікованого методу k-найближчих сусідів, для якого визначено оптимальні значення вагових коефіцієнтів та параметра k, застосувавши метод перехресної

перевірки. Це дозволило досягнути високої якості класифікації щодо показників точності, чутливості та специфічності.

Четвертий розділ характеризує основні етапи реалізації інформаційної технології аналізу усталених ЗВП, а також програмні засоби, які необхідні для її імплементації. Проведено порівняльний аналіз ортогональних систем базисних функцій дискретного аргументу з метою ідентифікації інформативних параметрів як перших складових розкладу, що вносять найбільший енергетичний вклад у повну енергію досліджуваного сигналу. Визначено оптимальну кількість діагностичних параметрів двоканального усталеного ЗВП зареєстрованого при різних частотах стимуляції та оцінено показники якості класифікації від вказаних параметрів класифікатора.

У висновках сформульовані основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

Варто зазначити, що у відомих системах для діагностики на основі усталених зорових викликаних потенціалів інформативним вважається лише математичне сподівання сигналу, що реєструється з поверхні скальпа у відповідь на фотостимуляцію, у роботі ж обґрунтовано можливість отримання діагностичної інформації також із кореляційної функції сигналу (спонтанної електроенцефалограми) шляхом застосування двовимірного розкладу Карунена-Лоєва та ідентифікації відповідного комплексу інформативних ознак.

У додатках наведено числові результати статистичного аналізу та акти, які підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи.

Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації.

1. На сторінці 51 застосовані в табл. 1.2. описи колонок двома різними мовами.
2. На сторінці 58 у випадковій функції, що описує зміну електричного потенціалу окремого нейрона, час t вказується як момент спостереження, але це скоріше поточний час.

3. На сторінці 60 вказується, що випадковий процес (2.1) записується у вигляді співвідношення (2.4), але це не так, оскільки (2.1) входить складовою в процес (2.4).
4. Одинична функція Хевісайда в формулах (2.2) і (2.4) входить під знак синуса, а в формулі (2.5) ні, хоча вірним на наш погляд є останнє.
5. Співвідношення (2.29) записано некоректно: зліва повинно бути $\mathbf{M}\xi_1(t+T)$, а справа - $\mathbf{M}\xi_1(t)$. Крім того повинно під знаком інтеграла бути $d\pi_1(t+T)$, а не $da_1(t+T)$.
6. В роботі позначено породжуючий пуассонівський процес через $\pi_1(\tau)$, але потім в тексті (формула (2.24) і далі) використовуються позначення для нього і $\pi_2(\tau)$ і $\pi_m(\tau)$, хоча на наш погляд слід було б ввести позначення $\pi_{l_1}(\tau)$, $\pi_{l_2}(\tau)$, $\pi_{l_{1m}}(\tau)$.
7. Формулою (3.27) представлена не оцінка кореляційної функції, а її означення.
8. В роботі застосовується поняття енергії математичного сподівання (стор. 114). На наш погляд це некоректно. Слід застосовувати вираз енергія сигналу, реалізація якого описується математичним сподіванням.

Наведені зауваження не зменшують наукової цінності та загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Загальні висновки.

Дисертація Стадник М.А. є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка має практичне значення та містить розв'язання актуального наукового завдання розробки інформаційної технології аналізу усталених зорових викликаних потенціалів для підвищення ефективності процесу офтальмодіагностики, що обумовлене покращенням достовірності прийняття рішень, розширенням діагностичних можливостей на основі ідентифікованих нових комплексів діагностичних ознак, а також розширенням функціональності за рахунок використання сучасних програмних та технічних засобів.

Робота виконана здобувачем самостійно. Ознаки академічного plagiatu відсутні.

За обсягом досліджень, актуальністю, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота повністю відповідає діючим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, які містяться у "Порядку присудження наукових ступенів", затверженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами), а саме у пунктах: 9, 11 та 12. Також робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології, а її автор Стадник Марія Андріївна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за вказаною спеціальністю.

Офіційний опонент:

д. т. н., професор, професор кафедри електроніки,

робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей

I. F. Бойко

