

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 58.082.106
Західноукраїнського національного
університету
доктору технічних наук, професору
Саченку Анатолію Олексійовичу

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри комп'ютерної інженерії Західноукраїнського національного університету

Піцуна Олега Йосиповича

на дисертаційну роботу Дивака Андрія Миколайовича
на тему «Математичне та програмне забезпечення підтримки
нейромоніторингу під час операції на щитоподібній залозі»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

1. Актуальність теми дисертації.

Захворювання щитоподібної та паращитовидної залози, призводить до суттєвого зростання хірургічних втручань – як засобу лікування цього захворювання. В Україні, за даними, тільки операцій на рак щитоподібної та паращитовидної залози проводять близько 3 тисяч. Також інші види захворювань щитоподібної залози потребують понад 5 тисяч хірургічних втручань щорічно.

Одним із найбільш серйозних ускладнень під час операцій на щитоподібній залозі є ушкодження поворотних гортанних нервів, що може призводити до порушення голосової функції, дихальних розладів та значного зниження якості життя пацієнтів. У цьому контексті нейромоніторинг набуває особливої значущості, оскільки забезпечує безперервний або періодичний контроль функціонального стану гортанних нервів, дозволяє своєчасно виявляти ознаки їхнього функціонального порушення та оперативно коригувати хірургічну тактику.

Застосування нейромоніторингу дозволяє здійснювати безперервний або періодичний контроль функціонального стану гортанних нервів під час операції, своєчасно виявляти загрозу їх ушкодження та коригувати хірургічну тактику.

Актуальність даного дослідження зумовлена необхідністю розробки надійних, масштабованих та адаптивних програмних систем для обробки сигналів у режимі реального часу. Розробка програмного забезпечення для нейромоніторингу передбачає дотримання сучасних принципів інженерії

програмного забезпечення, зокрема модульності, відмовостійкості, тестованості та розширюваності системи.

Отже, розробка математичного та програмного забезпечення для підтримки нейромоніторингу під час операції щитоподібної залози є актуальним завданням.

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням і містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію і публікації за темою роботи з чітким зазначенням особистого внеску автора.

У першому розділі досліджено проблематику ІОНМ в процесі проведення операцій на щитоподібній залозі, досліджено характеристики існуючих програмно-апаратних комплексів для ІОНМ ПГН, серед яких “NEUROSIGN SURGICAL” – NEUROSIGN, NIM-Response 3.0, сформульовано науково-технічне завдання, яке полягає у розробці математичного та програмного забезпечення інформаційної технології та програмно-апаратного комплексу для підтримки нейромоніторингу під час операції на щитоподібній залозі, які розширюють функції програмно-апаратного комплексу для налаштування параметрів електричного струму, залежно від електрофізіологічних властивостей тканин поля хірургічного втручання конкретного пацієнта та забезпечують контроль відстані від точки подразнення на полі хірургічного втручання до ПГН.

У другому розділі досліджено процеси електричної стимуляції тканин поля хірургічного втручання та розподілу електричного струму у тканинах. На підставі проведених досліджень електричної стимуляції тканин поля хірургічного втручання та спираючись на припущення, що ґрунтуються на нейрохронаксихній теорії утворення голосу, розроблену Юссоном, запропоновано та обґрунтовано структуру інтервальної математичної моделі поширення електричного потенціалу в тканинах операційної рани під час подразнення їх імпульсним електричним струмом та формування реакції на подразнення голосових зв'язок у вигляді акустичного сигналу, вперше розроблено інтервальну математичну модель поширення електричного потенціалу в тканинах операційної рани під час подразнення їх імпульсним електричним струмом та формування реакції на подразнення голосових зв'язок у вигляді акустичного сигналу.

У третьому розділі запропоновано та обґрунтовано удосконалену інформаційну технологію інтраопераційного моніторингу ПГН під час операції на щитоподібній залозі, яка на відміну від існуючих забезпечує адаптивне та програмне налаштування частоти імпульсного струму для подразнення тканин поля хірургічного втручання, вперше запропоновано та обґрунтовано метод та алгоритм оптимального програмного налаштування частоти слідування

імпульсів електричного струму, яким подразнюють тканини поля хірургічного втручання під час інтраопераційного моніторингу ПГН.

У четвертому розділі наведено особливості побудови програмно-апаратного комплексу інтраопераційного моніторингу ПГН та організації користувацького інтерфейсу. Реалізовано програмно основні функції програмно-апаратного комплексу. Наведено результати дослідження ефективності використання програмно апаратного комплексу інтраопераційного моніторингу ПГН.

Проведено всебічне тестування програмного середовища, у розділі наведено детальний опис практичного використання.

У загальних висновках дисертаційної роботи сформульовано основні результати роботи, які узгоджуються з метою і завданням дослідження.

Структура роботи цілком відповідає логіці та послідовності розв'язання поставлених наукових завдань.

Отримані результати проілюстровано таблицями, графіками та рисунками. Розроблені в роботі рішення є науково обґрунтованими, мають ознаки наукової новизни та забезпечують ефективне вирішення поставлених науково-прикладних завдань, включно з їх програмною реалізацією.

3. Наукова новизна отриманих результатів.

Основні наукові положення, результати та висновки дисертаційної роботи отримані автором самостійно, є оригінальними, достатньо обґрунтованими та підтвердженими результатами комп'ютерних експериментів, а також апробацією основних положень на національних та міжнародних наукових конференціях.

У дисертаційній роботі Дивака А.М. отримано такі наукові результати:

- розроблено інтервальну математичну модель поширення електричного потенціалу в тканинах операційної рани під час їх подразнення імпульсним електричним струмом та формування реакції на подразнення голосових зв'язок у вигляді акустичного сигналу, яка на відміну від існуючих моделює інтервальну відстань від точки подразнення до ПГН в залежності від амплітуди акустичного сигналу та амплітуди його головної спектральної складової, і забезпечує зниження ризику пошкодження ПГН в процесі хірургічного втручання на щитоподібній залозі;

- розроблено метод ідентифікації інтервальної математичної моделі поширення електричного потенціалу в тканинах операційної рани та формування реакції на подразнення голосових зв'язок у вигляді акустичного сигналу, який на відміну від існуючих ґрунтується на поєднанні аналізу інтервальних даних та онтологічному підході, що у сукупності знижує час налаштування моделі під особливості тканин операційної рани пацієнта і забезпечує використання цієї моделі в програмно-апаратному комплексі для зниження ризику пошкодження ПГН;

- запропоновано та обґрунтовано метод та алгоритм програмного налаштування частоти слідування імпульсів електричного струму, яким подразнюють тканини поля хірургічного втручання, який на відміну від

існуючих адаптує частоту імпульсного струму під електрофізіологічні характеристики тканин поля хірургічного втручання пацієнта, що забезпечує підвищення чутливості тканин до подразнення і в цілому зниження ризику пошкодження ПГН;

- **удосконалено:**

- архітектуру програмного та апаратного забезпечення пристрою підтримки інтраопераційного моніторингу ПГН, який яка на відміну від існуючих забезпечує адаптивне та програмне налаштування частоти імпульсного струму для подразнення тканин поля хірургічного втручання та обчислення відстані від точки подразнення до ПГН на основі математичної моделі поширення електричного потенціалу в тканинах поля хірургічного втручання та формування акустичного сигналу, що у сукупності забезпечує підвищення точності класифікації тканин та зниження ризику пошкодження ПГН;

- інформаційну технологію інтраопераційного моніторингу ПГН, яка на відміну від існуючих побудована на програмно-апаратному комплексі з функціями налаштування частоти імпульсного струму для подразнення тканин поля хірургічного втручання та обчислення відстані від точки подразнення до ПГН, що у сукупності знижує ризик пошкодження ПГН під час операції на щитоподібній залозі.

4. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота представлення наукових результатів у публікаціях.

Дисертація містить 193 сторінки друкованого тексту, з яких основна частина займає 157 сторінок і включає 36 рисунків та 10 таблиць. Список використаних джерел налічує 136 найменувань, а робота містить 4 додатки.

Дисертацію викладено українською мовою на належному науковому та стилістичному рівні. Використана термінологія є коректною та загальноприйнятою у галузі інформаційних технологій.

Зміст дисертації дозволяє однозначно зрозуміти основні положення, висновки та рекомендації автора. Загальний стиль викладу гарантує адекватне сприйняття матеріалу та правильне розуміння наукових тверджень. Оформлення та структура дисертації повністю відповідають вимогам академічних і атестаційних стандартів.

Дисертацію перевірено на наявність академічного плагіату, і отримані результати підтверджують високий рівень оригінальності тексту. Індивідуальний стиль автора чітко простежується впродовж усієї роботи. Не виявлено текстових запозичень або нецитованого використання результатів інших дослідників. Дисертаційна робота повністю відповідає принципам академічної доброчесності.

Основні результати дисертаційного дослідження у достатньому обсязі відображено у 31 науковій публікації, серед яких 24 публікації, індексовані у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science. Загалом автором опубліковано 9 статей у фахових наукових виданнях та 22 роботи в матеріалах науково-технічних конференцій, 1 патент України на корисну модель. Ці

публікації всебічно відображають ключові теоретичні й практичні результати дисертації, підтверджуючи повноту, репрезентативність та достовірність наукових висновків дослідження.

5. Практичне значення результатів дисертації.

Одержані автором наукові положення та практичні результати можуть бути використані при розробці інтелектуальних систем підтримки нейромоніторингу під час операції на щитоподібній залозі.

Практичну цінність підтверджено впровадженням результатів розробок у держбюджетному прикладному дослідженні на тему «Математичне та програмне забезпечення для класифікації тканин хірургічної рани в процесі операції на органах ший» (державний реєстраційний номер 0117U000410), у якій автором розроблено пристрій моніторингу зворотного гортанного нерва в ділянці хірургічного втручання, що підвищує достовірність виявлення зворотного гортанного нерва в процесі хірургічної операції і знижує ризик його пошкодження.

6. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

Загалом дисертаційне дослідження виконане на високому науковому та прикладному рівні. Разом з тим, з огляду на складність досліджуваної проблематики, окремі аспекти роботи мають дискусійний характер, що є природним і потребує певних уточнень. У цьому контексті доцільно висловити низку коментарів і рекомендацій, спрямованих на подальше вдосконалення та поглиблення дослідження.

- 1) У першому розділі недостатньо наведено порівняльного аналізу існуючих рішень для вирішення поставленої проблематики та недостатньо проаналізовані переваги та недоліки існуючих програмних рішень в табличній формі.
- 2) Необхідно деталізувати і обґрунтувати достатність пошуку лише точкових оцінок параметрів $\vec{\beta} = \beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ (формула 2.11)
- 3) Приклад імплементації онтології (рисунок 1) потребує текстового опису основних блоків і зв'язків між ними.
- 4) Розділ 3 «Загальна схема реалізації удосконаленої інформаційної технології» потребує детальнішого опису з точки зору дотримання основних аспектів інформаційної технології. Етапи збору та обробки даних описані в достатній мірі, на відміну від етапів передачі та поширення даних. Варто візуально навести структуру інформаційної технології з врахуванням технологій передачі і поширення даних, наприклад між блоками або кінцевими користувачами.
- 5) Таблиця 3.3. Пункт 3 «Сегментація інформаційного сигналу» займає 0 секунд. Необхідно описати, що сприяло такому результату і необхідність наявності даного кроку.

Водночас зазначені зауваження не зменшують загальної наукової та практичної цінності дисертаційного дослідження.

6. Висновки.

Представлена дисертаційна робота Дивака Андрія Миколайовича на тему «Математичне та програмне забезпечення підтримки нейромоніторингу під час операції на щитоподібній залозі» є завершеним науково-дослідним дослідженням, що має обґрунтовану актуальність, містить науково нові та практично значущі результати і відповідає сучасному рівню розвитку інформаційних технологій.

У дисертаційній роботі розв'язано наукову задачу розроблення інтервальної математичної моделі поширення електричного потенціалу в тканинах операційної рани під час подразнення їх імпульсним електричним струмом, що має важливе значення для галузі 12 – Інформаційні технології. Зміст дисертаційної роботи відповідає обраній темі, стандарту та відповідає поставленій меті.

Отже, дисертаційна робота «Математичне та програмне забезпечення підтримки нейромоніторингу під час операції на щитоподібній залозі» повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6. – 9 «Про затвердження 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, а її автор, Дивак Андрій Миколайович, заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Західноукраїнського
національного університету
кандидат технічних наук, доцент

Олег ПЦУН



Підпис: [Signature]

Завіряю: *

НАЧАЛЬНИК
ЗАГАЛЬНОГО ВІДДІЛУ Алла Селеш [Signature]