

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
доктору фізико-математичних наук, професору,
в.о. проректора з науково-педагогічної роботи
ДНУ ім. О. Гончара
Гук Наталі Анатоліївни

В І Д Г У К

офіційного опонента Поворознюка Анатолія Івановича,
доктора технічних наук, професора кафедри комп'ютерної інженерії та
програмування Національного технічного університету «Харківський
політехнічний інститут» на дисертаційну роботу

Інкіна Олександра Андрійовича

**«Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за
ритмами електроенцефалограм»**

подану на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 11
Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика

Актуальність теми. Здобувач обрав темою дисертаційної роботи моделювання ЕЕГ-сигналів та прогнозування епілепсії. Тема є актуальною, оскільки підходи та методи роботи із ЕЕГ-сигналами, що були розроблені протягом останніх десятиліть, зараз потребують суттєвого перегляду та вдосконалення у зв'язку зі стрімким розвитком методів обробки даних, штучного інтелекту та зростанням вимог до точності й оперативності клінічної діагностики. Класичні підходи до аналізу ЕЕГ, хоча й залишаються фундаментальними, мають обмеження у виявленні складних нелінійних та передіктальних патернів, що обумовлює необхідність впровадження новітніх інтелектуальних технологій. У цьому контексті розробка автоматизованих систем аналізу та прогнозування епілептичної активності на основі сучасних методів машинного навчання та математичного моделювання є актуальною та практично значущою задачею.

Зв'язок теми дисертаційної роботи з науковими планами, програмами, фундаментальними та прикладними дослідженнями. Дисертаційна робота була виконана згідно планів науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерних технологій факультету прикладної математики та інформаційних технологій в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара в межах науково-дослідної теми: "Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи" (№ Д/Р: 0122U001467), в якій здобувач брав участь у якості виконавця окремих розділів.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення. Дисертація Інкіна О. А. є завершеною науковою роботою та задовольняє всім вимогам Державного стандарту вищої освіти за спеціальністю 113 «Прикладна математика». Побудова дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження нормам. Усі положення, винесені на захист, висвітлені в тексті дисертації. Зміст дисертаційної роботи відповідає її назві.

Дисертація написана грамотною науковою мовою, та оформлена відповідно до існуючих нормативних документів, матеріал викладено послідовно та логічно, усі необхідні для розуміння тексту терміни та поняття розкриті у повному обсязі. Робота складається з анотації двома мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, та додатку.

У вступі дисертації здобувач обґрунтовує актуальність роботи та описує її загальну характеристику. Зазначені мета, задачі, об'єкт, предмет та методи дослідження. Сформульовані елементи наукової новизни та основні практичні результати. Розглянуті основні публікації за темою дослідження, а також зазначено особистий вклад здобувача в них.

У першому розділі представлено огляд сучасних підходів для аналізу ЕЕГ-сигналів. В роботі надано детальний опис класичних та сучасних методів, включаючи спектральний аналіз, вейвлет-перетворення, аналіз ентропійних та фрактальних характеристик. Слід відзначити коректне висвітлення проблеми пошуку артефактів та необхідності їх видалення, що є критично важливим для клінічно достовірної інтерпретації сигналів. Огляд нейромережевих підходів (CNN, LSTM) для моделювання та прогнозування ЕЕГ виконано на достатньому рівні та обґрунтовує необхідності розробки комплексної системи.

У другому розділі наведено реалізацію системи аналізу та прогнозування ЕЕГ-сигналів на основі математичного моделювання та нейромережевого підходу. Слід відзначити, що в роботі описані основні етапи обробки ЕЕГ-сигналів, а саме: підготовка вхідних ЕЕГ-даних, побудова системи диференціальних рівнянь, алгоритм пошуку параметрів вагової матриці та подальше використання цих параметрів у LSTM-мережі. Запропонований підхід орієнтований на врахування часової структури ЕЕГ-сигналу, що має принципове значення для аналізу епілептичної активності. Окремої уваги заслуговує поєднання диференціального числення з LSTM-архітектурою, яке виглядає перспективним для задач прогнозування.

Третій розділ присвячено моделюванню та прогнозуванню ЕЕГ-станів, в якому пропонується використання адаптивних методів налаштування параметрів моделей на основі реальних ЕЕГ-даних, що відповідає принципам персоналізованої медицини. Слід відмітити, що запропоновані методи дозволяють не лише класифікувати стани, але й прогнозувати розвиток епілептичного нападу.

У четвертому розділі наведено результати числових експериментів при оптимізації параметрів LSTM моделювання та прогнозування епілептичних станів. Отримані результати підтверджують адекватність розроблених моделей та перспективність запропонованого підходу при розробці систем раннього попередження епілептичних нападів та автоматизованого моніторингу неврологічних станів.

У висновках узагальнено результати виконаного дослідження та сформульовано основні наукові положення, що виносяться на захист.

Наукова новизна положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації. Наукова новизна отриманих результатів обумовлена теоретичним узагальненням і новим рішенням важливого наукового завдання підвищення якості обробки електроенцефалографічних сигналів та ймовірності прогнозування епілептичних випадків. У дисертаційній роботі отримані такі основні науково обґрунтовані результати:

1. Розробка інтегрованої системи діагностики та прогнозування епілепсії на основі поєднання математичного моделювання нейронної динаміки та нейронної мережі.

2. Метод ідентифікації параметрів математичної моделі на основі даних електроенцефалограми та їх адаптивне налаштування в залежності від індивідуальних нейрофізіологічних характеристик пацієнта.

3. Розробка гібридної архітектури нейронної мережі з механізмом уваги для автоматичної локалізації епілептичного фокусу та інтерпретації результатів шляхом аналізу траєкторій у фазовому просторі системи.

Практична цінність отриманих результатів полягає у створенні комплексного програмно-апаратного рішення для автоматизованої діагностики та прогнозування епілепсії.

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

Основні наукові результати дисертації базуються на теоретичних дослідженнях методів багаторівневої обробки сигналів електроенцефалограми та їх апробації на реальних клінічних даних.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, які наведені в дисертаційній роботі Інкіна О. А., забезпечується аргументованою постановкою мети й задач дослідження, повнотою формулювання умов та обмежень при проведенні досліджень та застосування результатів, використанням сучасного математичного апарату та комп'ютерного моделювання, рекомендацій щодо впровадження розроблених алгоритмів класифікації та прогнозування епілепсій у медичні системи.

Повнота викладення наукових і прикладних результатів дисертації в опублікованих працях. Основні наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, достатньо повно відображені в

публікаціях здобувача і пройшли апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях. Результати наукових досліджень відображено в чотирьох статтях, одна з яких у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, а три – у наукових фахових виданнях України категорії Б, а також опубліковано 7 тез доповідей Міжнародних наукових конференцій. Особистий внесок здобувача в усіх публікаціях є істотним.

Зауваження:

1. Робота пройшла достатній рівень апробації на міжнародних науково-технічних конференціях, але всі конференції організовані в місті Дніпро, варто було розширити географію.

2. В першому розділі детальний огляд в пунктах 1.2.1 Стохастичні диференціальні рівняння, 1.2.2 Фрактальний та ентропійний аналіз, 1.3.1 Вейвлет-перетворення можна суттєво скоротити, так як в подальшому ці методи в дисертації не застосовуються.

3. В Розділах 2 та 3 зустрічаються елементи огляду. Варто було чітко відділити огляд відомих методів від розробок здобувача.

4. Для підтвердження того, що всі результати дисертаційної роботи опубліковані, в висновках по кожному розділу варто було вказати роботи здобувача, в яких опубліковані матеріали даного розділу.

5. У роботі недостатньо детально висвітлено питання клінічної валідації розробленої системи на незалежних вибірках пацієнтів з різними формами епілепсії.

6. Потребують більш детального опису часові характеристики прогнозування (за який інтервал до нападу система здатна його передбачити).

7. Бажано було надати характеристики розробленого програмного забезпечення, що є практичною цінністю дисертації, окремим підрозділом, а коди програм навести в Додатку.

8. В роботі зустрічаються незначні технічні помилки, а саме:

- в Анотаціях та Вступі пропущено опис змісту четвертого розділу;
- Анотації не включаються в загальний перелік сторінок, тому Зміст повинен починатися з другої сторінки;
- Список скорочень надається в алфавітному порядку;
- розшифровка елементів формул, яка починається з слова де повинна писатися без абзацного відступу;
- назва таблиці пишеться перед таблицею;
- на деяких рисунках текстові позначення менші мінімально-допустимих, не на всіх графіках є позначення координатних осей.

Зазначені зауваження не змінюють загального позитивного враження від роботи, вони не впливають на її наукові та практичні результати і можуть бути враховані при подальших дослідженнях.

Висновок. Враховуючи все сказане вище, вважаю дисертацію Інкіна Олександра Андрійовича за темою «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм» завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає спеціальності 113 «Прикладна математика».

За змістом, актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною значимістю одержаних результатів дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 6-9 «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, Інкін Олександр Андрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор
кафедри комп'ютерної інженерії та
програмування Національного
технічного університету «Харківський
політехнічний інститут»

Анатолій ПОВОРОЗНЮК

Підпис *Анатолія Поворознюка*
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
Микола Мельник
"29" 07 2026 р.

