

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара
Олег МАРЕНКОВ
« » 2026 р.



ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Інкіна Олександра Андрійовича на тему «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм», представленій на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 «Прикладна математика»

ВИТЯГ

з протоколу №8 засідання міжкафедрального семінару при постійнодіючому семінарі «Актуальні питання оптимізації та дискретної математики» при Науковій раді НАН України з проблеми «Кібернетика» факультету прикладної математики та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара від «5» червня 2026 року

ПРИСУТНІ: 39 з 39 членів наукового семінару.

ГОЛОВА НАУКОВОГО СЕМІНАРУ : член-кореспондент НАН України, д-р фіз.-мат. наук, проф. Кісельова О.М. (01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики), декан факультету прикладної математики та інформаційних технологій, професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

СЕКРЕТАР ЗАСІДАННЯ: канд. фіз.-мат. наук, доц. Кузенков О.О. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи) доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

ЧЛЕНИ НАУКОВОГО СЕМІНАРУ: д-р фіз.-мат. наук, проф. Гук Н. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), в. о. проректора з науково-педагогічної роботи, професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Кузьменко В. І. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Шевельова А.Є. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Гарт Л.Л. (01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики), професорка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р техн. наук, проф. Байбуз О.Г. (05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту), завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Турчина В.А. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), завідувачка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Зайцева Т.А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувачка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Волошко В.Л. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Білозьоров В.Є. (01.05.04 – системний аналіз і теорія оптимальних рішень), професор кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Золотько К.Є. (05.14.04 – промислова теплоенергетика), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Зайцев В.Г. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук Дзюба П. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Хижа О.Л. (01.01.01 – математичний аналіз), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Мацуга О.М. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії

програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук Козакова Н. Л. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд.фіз.-мат. наук Михальчук Г.Й. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Тонкошкур І.С. (01.02.05 – механіка рідини, газу та плазми), доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук Степанова Н.І. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Сафронова І.А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Іванченко М.Г. (05.13.06 – інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Антоненко С.В. (05.13.06 – інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Божуха Л.М. (01.01.01 – математичний аналіз), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук Білобородько О.І. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Ємел'яненко Т.Г. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцентка кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Наконечна Т.В. (01.01.01 – математичний аналіз), доцентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Трофімов О.В. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

доктор філософії (PhD) Антонюк В.А. (121 – інженерія програмного забезпечення), доцент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

доктор філософії (PhD) Єгошкін Д.І., асистент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Полонська А.Є., асистентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Лисиця Н.М., асистентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Сірик С.Ф., асистентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Красношапка Д.В., старший викладач кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Лапець О.В., асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Мащенко Л.В., старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Соломатін В.А., асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Стружко В.Р., асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

ЗАПРОШЕНІ ФАХІВЦІ (3 осіб, з правом голосу):

д-р техн. наук, проф Мороз Б. І (05.25.05 - Інформаційні системи та процеси), професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

д-р техн. наук, проф. Поворознюк А. І. (05.13.06 – Інформаційні технології), професор кафедри комп'ютерної інженерії та програмування національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»;

д-р техн. наук, проф. Байбуз О.Г. (05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту; номер спеціальності по кандидатській дисертації: 05.13.06 - автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

На засіданні присутній аспіранти: Мітіков М.Ю., Інкін О.А.

Аспіранти участі в голосуванні не брав.

Порядок денний: розгляд і обговорення дисертаційної роботи Інкіна Олександра Андрійовича на тему «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм», поданої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика.

Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (протокол № 3 від 24 листопада 2022 року). Науковим керівником призначено д-ра фіз.-мат. наук, проф. Білозьорова В.Є.

Підготовка здобувача третього рівня вищої освіти здійснюється за акредитованою освітньо-науковою програмою «Прикладна математика» зі спеціальності 113 Прикладна математика (сертифікат про акредитацію освітньої програми №2068, дійсний до 01.07.2027 р.).

СЛУХАЛИ:

Обговорення дисертації аспіранта 4 року навчання Інкіна Олександра Андрійовича на тему «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм» на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 113 Прикладна математика.

Перевірку на плагіат здійснювала комісія у складі: канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Кузенков О.О., канд. фіз.-мат. наук, доцентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Козакова Н.Л., провідний інженер НДЛ ОСС Яцечко Н.Є.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на плагіат програмою «Strikeplagiarism» зроблено висновок: дисертаційна робота Інкіна О.А. має високий рівень унікальності (96.47%) і може бути допущена до захисту.

Робота виконана на 152 сторінках, і містить такі складові частини: анотація, зміст, вступ, основна частина, висновки, список використаної літератури на 13 сторінках та переліком робіт здобувача на 2 с.

Слово надається аспіранту Інкіну О.А. Будь ласка, регламент виступу – 20 хвилин.

Аспірант Інкін О. А.

Шановна голова семінару, шановні члени міжкафедрального семінару, шановні колеги!

Тема моєї дисертації: «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм».

Актуальність теми.

Епілепсія є одним із найпоширеніших неврологічних захворювань, яке вражає понад 50 мільйонів людей у світі. Її діагностика значною мірою ґрунтується на аналізі електроенцефалограм, що дають змогу оцінювати електричну активність головного мозку. Проте традиційний візуальний аналіз ЕЕГ є трудомістким процесом, потребує високої кваліфікації лікаря та може залежати від суб'єктивної інтерпретації. Саме тому актуальним є створення автоматизованих методів аналізу ЕЕГ-сигналів для підвищення точності діагностики, скорочення часу обстеження, класифікації типів епілептичної активності та прогнозування нападів.

Вагомий внесок у становлення електроенцефалографії та епілептології зробили Володимир Правдич-Неминський, Адольф Бек, Олексій Кожевников, Ганс Бергер, Фредерік А. Гіббс та Анрі Гасто. Їхні дослідження заклали основу для розвитку методів реєстрації, обробки та інтерпретації електричної активності мозку, а також для подальшого формування сучасних підходів до діагностики епілепсії.

На сьогодні для аналізу ЕЕГ активно застосовуються методи цифрової обробки сигналів, машинного навчання та глибоких нейронних мереж. Класичні підходи дозволяють досліджувати часові, частотні та спектрально-часові характеристики сигналу, тоді як нейромережеві моделі здатні автоматично виявляти складні патерни, характерні для нормальної та патологічної активності мозку. Це дає змогу зменшити залежність діагностики від ручного аналізу та підвищити ефективність розпізнавання епілептиформної активності.

Попри значний прогрес, існують суттєві обмеження сучасних підходів: нестача якісно анотованих клінічних даних, варіабельність ЕЕГ-записів між різними медичними центрами, недостатня стандартизація попередньої обробки сигналів, висока обчислювальна складність глибоких моделей та низька інтерпретованість їхніх рішень. Крім того, моделі, навчені на даних одного типу обладнання або конфігурації електродів, можуть демонструвати зниження точності на інших наборах даних.

Саме тому актуальним напрямом досліджень є розробка модульних, інтерпретованих і стійких до зміни умов реєстрації архітектур для автоматичного аналізу ЕЕГ-сигналів. Декомпозиція задачі на виявлення артефактів, сегментацію, виділення ознак і класифікацію епілептичної активності дозволяє створювати надійніші системи підтримки прийняття клінічних рішень у діагностиці епілепсії.

Об'єкт дослідження:

Енцефалографічні коливання, які виникають в головному мозку людини, що реєструються за допомогою електроенцефалограми та містять інформацію про нормальну та патологічну нейрональну активність, зокрема епілептичні розряди та пов'язані з ними ритмічні патерни.

Предмет дослідження:

Моделювання нестационарних часових рядів електроенцефалограм як нелінійних динамічних систем за допомогою гібридних нейромережових архітектур, що поєднують згорткові нейронні мережі, рекурентні моделі та механізми уваги для автоматичного розпізнавання та класифікації епілептичних патернів у багатоканальних ЕЕГ-сигналах.

Мета і завдання дослідження.

Мета і завдання роботи – дослідити та розробити методи, підходи нейромережевого моделювання епілепсії за ритмами електроенцефалограм. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні задачі:

- На основі аналізу в досліджуваній області сформулювати мету та задачі дослідження.
- Розробити нову гібридну нейромережеву модель, яка поєднує переваги згорткових нейронних мереж, рекурентних архітектур та механізмів уваги для високоточного розпізнавання епілептичних патернів у ЕЕГ-сигналах. Забезпечити адаптивність моделі до різних типів ЕЕГ-обладнання та клінічних протоколів без необхідності повного перенавчання.
- Дослідити вплив архітектури мережі, функцій активації та методів попередньої обробки сигналів на точність класифікації різних типів епілептичних нападів (фокальних, генералізованих, абсансів). Інтегрувати класичні методи аналізу ЕЕГ-сигналів (спектральний аналіз, вейвлет-перетворення, часово-частотні характеристики) з підходами глибокого навчання для покращення якості вхідних ознак.
- Забезпечити інтерпретацію та пояснювання рішень моделі шляхом впровадження механізмів візуалізації уваги та аналізу внеску різних частотних компонентів ЕЕГ-сигналу в кінцеве рішення.
- Оптимізувати обчислювальну ефективність моделі для можливості реалізації в режимі реального часу.

- Створити комплексну систему оцінки якості діагностики, що включає метрики чутливості, специфічності, F-міри (середнє гармонійне) та час до виявлення епілептичного нападу з урахуванням клінічних вимог.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

1. **Вперше** розроблено мультимодальний підхід для діагностики та прогнозування епілепсії, що поєднує переваги оригінального математичного моделювання нейронної динаміки гібридною системою Фіцью-Нагумо та Лоренца з методами штучного інтелекту у рамках єдиної інтегрованої системи.
2. **Вперше** розроблено метод ідентифікації параметрів математичної моделі на основі ЕЕГ-даних з використанням методів оптимізації, рекурентного аналізу та теорії оцінювання параметрів динамічних систем NSODE.
3. **Вперше** розроблено архітектуру нейронної мережі з механізмом уваги для автоматичної локалізації епілептичного фокусу та інтерпретації результатів через аналіз траєкторій у фазовому просторі системи.

Достовірність отриманих результатів забезпечується використанням добре апробованих моделей, коректністю математичних постановок задач, використанням методів та алгоритмів, що є теоретично обґрунтованими та не суперечливими із відомими положеннями інших авторів, контрольованою точністю обчислень, доброю узгодженістю між собою числових та експериментальних результатів, несуперечністю отриманих результатів відповідним опублікованим результатам інших авторів.

Практичне значення одержаних результатів.

1. На основі запропонованої моделі побудовано нову систему для розв'язання задачі прогнозування епілепсії та виявлення закономірностей у електроенцефалографічних часових рядах.
2. Результати проведеного дослідження можуть бути використані для подальшого розвитку інтелектуальних систем аналізу біомедичних даних, зокрема в задачах прогнозування, класифікації та підтримки прийняття рішень у медичній діагностиці.
3. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено доцільність застосування розробленої системи NSODE для моделювання складних нелінійних процесів, що виникають у задачах прогнозування епілептичних станів.
4. Проведені дослідження та їх результати складають відповідний розділ ініціативної науково-дослідної роботи “Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи” (2022-2024, державний реєстраційний номер:0122U001467), яка проводиться на кафедрі комп'ютерних технологій факультету прикладної математики та інформаційних технологій ДНУ.

У своїй доповіді аспірант описав структуру дисертації, яка складається із вступу, чотирьох розділів та висновків.

У першому розділі наведено огляд предметної області та попередніх досліджень, пов'язаних із моделюванням, обробкою та прогнозуванням ЕЕГ-сигналів. Розглянуто основні підходи до моделювання нейронної активності, зокрема континуальні, стохастичні, біофізичні, мережеві моделі, моделі нейронних мас та моделі колективної самоорганізації. Окрему увагу приділено математичному моделюванню ЕЕГ, включаючи стохастичні диференціальні рівняння, фрактальний та ентропійний аналіз. Також проаналізовано методи попередньої обробки сигналів, серед яких вейвлет-перетворення, статистичні методи, методи машинного навчання та частотного аналізу. Розглянуто сучасні підходи до використання нейронних мереж для прогнозування ЕЕГ-сигналів, зокрема згорткові, рекурентні, гібридні архітектури, механізми уваги, трансформери, методи трансферного навчання, спеціалізовані архітектури для епілепсії та глибокі генеративні моделі.

У другому розділі розглянуто методи аналізу та прогнозування ЕЕГ-сигналів із використанням математичних і нейромережевих підходів. Насамперед наведено етапи автоматизації обробки ЕЕГ, зокрема опис і попередню підготовку даних, а також проведено порівняння моделей математичної динаміки та обґрунтовано побудову LSTM-моделі для врахування часових залежностей у сигналах. Далі розглянуто застосування нейромережевого підходу до прогнозування ЕЕГ, проаналізовано особливості LSTM-архітектури та принципи нейромережевого моделювання. Окрему увагу приділено порівняльному аналізу моделей, зокрема моделі Фітц'ю — Нагумо, системи Лоренца та їх комбінованого використання, а також програмній реалізації відповідних моделей. Крім того, досліджено підхід до моделювання засобами диференціального числення, алгоритм пошуку параметрів вагової матриці, побудову нейронної мережі та алгоритм об'єднання системи звичайних диференціальних рівнянь із LSTM-моделлю для підвищення ефективності прогнозування ЕЕГ-сигналів.

У третьому розділі розроблено модель NSODE для прогнозування та класифікації ЕЕГ-станів у задачах, пов'язаних із виявленням епілептичної активності. Наведено математичні передумови побудови запропонованої моделі та обґрунтовано доцільність використання нейромережевого підходу на основі систем звичайних диференціальних рівнянь для моделювання складної динаміки біомедичних часових рядів. Окрему увагу приділено корегуванню параметрів моделі під час моделювання часових рядів, що дозволяє адаптувати її до особливостей досліджуваних сигналів. Також запропоновано алгоритм оптимізації параметрів моделі ЕЕГ, спрямований на підвищення точності прогнозування та забезпечення стійкості роботи системи.

У четвертому розділі наведено результати числових експериментів, спрямованих на перевірку ефективності запропонованих підходів до моделювання та прогнозування EEG-станів. Розглянуто процес LSTM-моделювання та оптимізації параметрів, що дозволило оцінити здатність нейромережевої моделі відтворювати динаміку досліджуваних часових рядів. Особливу увагу приділено прогнозуванню епілептичних станів із використанням розробленої системи, а також аналізу отриманих результатів з погляду точності, стійкості та практичної придатності моделі.

На заключному етапі дослідження були сформульовані такі **загальні висновки:**

1. Розроблено комплексний підхід до попередньої обробки EEG-сигналів, що включає фільтрацію, усунення артефактів, сегментацію та спектральний аналіз, і забезпечує підготовку даних для подальшого нейромережевого моделювання.
2. Проведено порівняльний аналіз класичних і нелінійних моделей динаміки для відтворення EEG-сигналів, зокрема авторегресійних, хаотичних моделей, що дозволило оцінити їх придатність для задач короткострокового прогнозування.
3. Запропоновано модифіковану LSTM-архітектуру для моделювання складних часових залежностей у біомедичних сигналах та досліджено її можливості при прогнозуванні нормальних і патологічних EEG-станів.
4. Розроблено комбіновану модель на основі біофізично інтерпретованих динамічних систем та нейромережевої оптимізації параметрів, що дозволяє поєднати пояснюваність математичних моделей із адаптивністю методів машинного навчання.
5. Виявлено обмеження стандартних нейромережевих архітектур при розрізненні нормальних та епілептичних EEG-станів, що обґрунтовує необхідність створення спеціалізованих моделей для виділення діагностично значущих ознак епілептиформної активності.
6. Розроблено модель NSODE та алгоритм оптимізації її параметрів для прогнозування епілептичних станів. Показано, що запропонована модель забезпечує високий рівень збереження фазового простору, узгодженість із хаотичними властивостями вихідних сигналів та придатність до відтворення динаміки EEG при розмірності вкладення $n = 5$.

Після закінчення доповіді Інкіну О.А. присутніми були поставлені такі запитання.

ЗАПИТАННЯ ТА ВІДПОВІДІ

Доктор фіз.-мат. наук, проф. Гук Н. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), в. о. проректора з науково-педагогічної роботи, професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

В чому полягає гібридизація розробленої моделі?

Інкін О.А.:

Модель розроблена на основі спостережень за дослідженнями, які були проведені в галузі нейрофізіологічного напрямку, з яких виділено класичну модель Фітцью-Нагумо та до якої пристосовано модель Лоренца.

Доктор фіз.-мат. наук, проф. Гук Н. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), в. о. проректора з науково-педагогічної роботи, професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Чи вперше розроблена така гібридна модель?

Інкін О.А.:

Так, поєднання систем Фітцью-Нагумо та Лоренца через комплексну функцію I_{EEG} проведено вперше. Такий функціонал забезпечує можливість ввести контрольований шум, сформувавши параметричне поле та зробити систему адаптованою до персональних характеристик.

Доктор фіз.-мат. наук, проф. Гук Н. А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), в. о. проректора з науково-педагогічної роботи, професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Чому використання даних з відкритих джерел підлягає сумніву та чи можна для даної задачі використовувати згенеровані дані?

Інкін О.А.:

Використання даних з відкритих джерел є аргументованим згідно протоколів, які окреслюють способи обробки даних та похідних експертних міток. Однак, експертна оцінка не завжди є об'єктивною та зрозумілою, тому привносить додаткові труднощі в ідентифікації важливих деталей. Генерація даних була однією з перших задач роботи, для якої створювалась модель, щоб вирішити її з якісною апроксимацією до введених реальних даних ЕЕГ.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Скільки саме даних було використано?

Інкін О.А.:

Точну кількість зазначити не зможу, до тисячі.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Чи достатньо зазначеної кількості використаних даних для валідації моделі?

Інкін О.А.:

Нажаль ні. Достатнім міг би бути результат, якщо отримати можливість тренувати розроблені методи в середовищі, в якому дані безпосередньо знімаються з шолому ЕЕГ в прямому ефірі.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Ваша новизна полягає у розробленій гібридній системі Фітцью-Нагумо та Лоренца?

Інкін О.А.:

Не тільки вона. Це початкові кроки в дослідженні моделювання динаміки ЕЕГ.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Скільки рівнянь містила дана гібридна система та яким чином сформовано зв'язок між змінними двох систем?

Інкін О.А.:

Так, система рівнянь розв'язувалася. Для одного нейрона N задається $2N+3$ рівнянь. Генерування сигналу змінними X, Y, Z в попередньо визначеній системі Лоренца функціонально задають поведінку $I_{EEG}(t)$ систему Фіцью-Нагумо.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Для чого розроблялась система NSODE?

Інкін О.А.:

Так як попередньо розроблена гібридна модель не надала достатнього наближення при моделюванні сигналів ЕЕГ та при прогнозуванні майбутньої динаміки надавала конкретні та вирогідні розв'язки лише в малих околицях часового простору. Тому, було прийнято рішення перейти до підходу, який буде більш чутливим до нашого впливу, а саме NSODE систем.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Можливо проблема полягала не в математичній складовій, а в налаштуванні нейромережі?

Інкін О.А.:

Була виконана багатошарова оптимізація нейромережевої моделі зі спробою використання та адаптації різних функцій активації. Отримані та продемонстровані результати є найкращими серед усіх та незадовільними. Тому, було вирішено змінити саме математичну модель та перейти до NSODE.

Кандидат фіз.-мат. наук, доц. Зайцев В.Г. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

В розробленій системі NSODE за що відповідав знаменник системи?

Інкін О.А.:

Знаменник системи відповідав за сингулярність та контроль над появою та виявленням епілептичних моментів, так як при малих додатних наближених до нуля значень, система демонструвала появу аномальних факторів.

Кандидат фіз.-мат. наук, доц. Зайцев В.Г. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Як була вирішена проблема з підбором коефіцієнтів моделі?

Інкін О.А.:

З першими кроками коефіцієнти підбиралися емпіричним шляхом. Однак, з розробкою алгоритму оптимізації, значення коефіцієнтів набуло залежності від обумовленості матриці Якобі.

Кандидат фіз.-мат. наук, доц. Зайцев В.Г. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:
Де саме були знайдені дані з епілептичними сценаріями?

Інкін О.А.:

По-перше від медичної лабораторії були отримані дані з відповідними мітками про напади епілепсії. Також, для навчання моделі в розпізнаванні інших сегментів епілептогенезу були використані відкриті бази даних з патернами всіх стадій.

Кандидат фіз.-мат. наук, доц. Зайцев В.Г. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Використовуючи отримані дані вам вдалося навчити модель розпізнавати передіктальний, іктальний, та постаіктальний періоди?

Інкін О.А.:

Так, алгоритм оптимізації визначає параметри розробленої системи таким чином, щоб вона відтворювала відповідну динаміку та зазначені сценарії.

Кандидат техн. наук, доц. Зайцева Т.А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувачка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:
Яка практична цінність роботи?

Інкін О.А.:

Практичний зміст полягає в тому, що розроблена модель може бути пристосована до програмного устаткування, яке займається моніторингом епілепсії, виявленням та попередженням будь-яких епілептичних активностей.

Кандидат техн. наук, доц. Зайцева Т.А. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), завідувачка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Запитань більше немає. Переходимо до обговорення дисертаційної роботи. Слово має науковий керівник.

ВИСТУП НАУКОВОГО КЕРІВНИКА:

Дисертаційна робота Інкіна Олександра Андрійовича присвячена розробці математичних моделей та нейромережевих підходів до діагностики епілепсії. Насамперед хотів би окремо відзначити кілька ключових положень роботи.

Перше з них стосується моделювання сигналу електроенцефалограми. Коли на екрані монітора ми спостерігаємо ЕЕГ-сигнал, виникає завдання побудувати таку модель, яка дала б змогу не лише досліджувати поведінку цього сигналу, а й продовжити його після завершення зареєстрованого фрагмента, тобто отримати прогноз. Саме на основі такого прогнозу можна робити висновок щодо ймовірності виникнення епілептичного нападу в пацієнта. Це питання є центральним для всієї дисертаційної роботи.

Під час вимірювання сигналу існує значна кількість прихованих змінних, які визначають як його динаміку, так і перебіг самої хвороби. Тому важливим і принциповим було питання визначення розмірності простору вкладення. Раніше було встановлено, що для задач, пов'язаних з епілепсією, достатньою є розмірність простору вкладення $n = 5$. У дисертаційній роботі це важливе обмеження також було досліджено: розмірність простору вкладення варіювалася в діапазоні від 1 до 6, і для кожного сценарію будувалися відповідні розв'язки.

Друге важливе положення полягає в тому, що за умови вибору розмірності простору вкладення, рівної 6, розроблена модель задається системою із шести диференціальних рівнянь. Існує багато нейромережевих моделей, які є дискретними системами. Водночас упродовж останніх років особливої актуальності набуло поняття нейронних диференціальних рівнянь, у яких дискретний крок прямує до нуля, унаслідок чого отримуємо систему неперервних диференціальних рівнянь. Саме з такими моделями й було проведено дослідження.

Аналіз здорового сигналу на енцефалограмі дає змогу спостерігати хаотичну динаміку з амплітудою до 100 мкВ. Натомість під час епілептичного нападу стрибки амплітуди можуть зростати в десятки разів, і саме такі зміни необхідно своєчасно відстежити. Це, своєю чергою, спонукало до використання ідеї малих знаменників, яку було покладено в основу побудови моделі.

У спрощеному вигляді створена модель є відношенням полілінійної частини в чисельнику до періодичної функції в знаменнику. Параметри f та e у сумі квадратів є меншими за 1, що відповідає умовам нерівності Коші–Буняковського: знаменник не перетинає нульової межі, однак може нескінченно до неї наближатися. Якщо значення знаменника стає близьким до нуля, то значення функції суттєво зростає, а інтегрування системи приводить до появи епілептичних стрибків. З огляду на те, що система може набувати дуже малих значень у знаменнику, її було названо сингулярною.

У подальшому ця система дала змогу розв'язати задачу прогнозування та визначати можливу появу епілептичних станів у майбутньому з урахуванням конкретних індивідуальних обмежень.

Окремо слід зазначити, що під час формування дискретних систем у більшості випадків вони можуть ставати нестійкими. При цьому розроблені нейромережеві моделі зазвичай не перевіряються на стійкість, що є критичною проблемою під час їх використання для прогнозування. Тому в роботі аспіранта було проведено дослідження стійкості в часі та стійкості апроксимації, які забезпечують збіжність моделі з реальними даними.

Будь-які нейромережеві моделі так чи інакше використовують так звані активаційні функції. У дисертаційній роботі було введено принципово нову активаційну функцію, яка відрізняється від класичних функцій, зокрема сигмоїди та гіперболічного тангенса.

З практичної точки зору розроблені методи можуть бути застосовані на відповідному устаткуванні для прогнозування та попередження епілептичних нападів. Це може стати перспективним напрямом подальших досліджень аспіранта за умови продовження роботи та проведення відповідної технічної й експериментальної апробації.

Мій офіційний висновок із оцінкою роботи аспіранта 4 року навчання Інкіна Олександра Андрійовича подано до відділу аспірантури та голові на засіданні сьогоднішнього міжкафедрального наукового семінару. Я дозволю собі нагадати деякі його основні положення.

Аспірант, Інкін Олександр Андрійович, 1998 року народження, в 2022 році закінчив факультет прикладної математики Дніпровського національного університету за спеціальністю «Прикладна математика» та здобув кваліфікацію магістра. Із 2022 року по 2026 рік навчався в аспірантурі за фахом «Прикладна математика» на кафедрі комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету.

Під час виконання дисертаційної роботи О.А. Інкін здійснив наукову роботу щодо вивчення сучасного стану проблематики, заявленої у дисертації. Було обрано об'єкти, матеріали та методи проведення досліджень, сформульована актуальність теми, мета та задачі. Здобувач О.А. Інкін приймав безпосередню участь під час постановки завдань, планування та виконання комп'ютерних експериментів, обговорення результатів. Проявив себе відповідальною, наполегливою та старанною людиною. На засіданні Вченої Ради Дніпровського національного університету була затверджена тема його дисертаційної роботи «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм»

За результатами виконання дисертаційної роботи опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 3 публікації у фахових журналах та збірниках наукових праць України, 1 публікація у наукових виданнях цитування Scopus, 7 публікацій у тезах

доповідей на наукових конференціях.

Відповідно до п.8 Постанови КМУ № 44 від 12 січня 2022 року, врахована кількість публікацій дорівнює 4, у яких висвітлені результати дисертаційної роботи.

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на підсумкових наукових конференціях. Проведене дослідження складає розділ ініціативної науково-дослідної роботи «Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи» (№ держреєстрації 0122U001467, 2022 – 2024 рр.), яка проводилась на кафедрі комп'ютерних технологій у відповідності до тематичних планів науково-дослідних робіт Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Вважаю, що з врахуванням успішного виконання Інкіним О.А. індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною освітньо-науковою програмою та завершенням написання дисертації, яка є результатом самостійного дослідження, є завершеною науковою працею, містить наукову новизну, виконана на належному науковому рівні, відповідає встановленим вимогам до дисертацій докторів філософії, дисертація на тему «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм» може бути рекомендована до захисту, а її автор, Інкін Олександр Андрійович, - до присвоєння ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика», Галузь знань 11 – «Математика та статистика»

Дякую за увагу.

В ОБГОВОРЕННІ ДИСЕРТАЦІЇ ІНКІНА О.А. ВЗЯЛИ УЧАСТЬ:

Кандидат фіз.-мат. наук, доц. Зайцев В.Г. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Дисертаційна робота і доповідь Інкіна Олександра склали добре враження. Аналіз реальної інформації, пов'язаної з епілепсією є актуальним в наш час. При спілкуванні з експертами в медичній галузі, було зазначено, що електроенцефалограма може виявити лише епілепсію і не використовується для інших хвороб. Однак, робота яку провів аспірант демонструє, що розроблена нейромережева модель з врахуванням стійкості дозволяє прогнозувати будь-які прецеденти та стани системи на яких попередньо вона навчалась.

Вважаю, що робота Інкіна О.А. повністю відповідає вимогам до PhD дисертацій, підтримую її і пропоную винести позитивне рішення на нашому семінарі та рекомендувати цю роботу до захисту на разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Доктор техн. наук, проф. Книш Л.І. (05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика), професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Підтримую актуальності роботи, підтримую Вадима Григоровича. Саме поєднання математичного інформаційного підходу дуже актуально. Но, пропоную Інкіну Олександрю більш ретельно підійти до формування своєї доповіді та підкреслити важливі деталі, щоб можна було краще оцінити наукові відкриття.

Вважаю, що робота Інкіна О.А. повністю відповідає вимогам до PhD дисертацій, підтримую її і пропоную винести позитивне рішення на нашому семінарі та рекомендувати цю роботу до захисту на разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Доктор фізико-математичних наук, проф. Гук Н. А., в. о. проректора з науково-педагогічної роботи, професорка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Доповідь Інкіна Олександра дійсно справила гарне враження. Також, погоджуюсь зі словами Людмили Іванівни, що потрібно більше акцентів, які виділять всі досягнення аспіранат.

Дисертація Інкіна О.А. в академічному вигляді відповідає усім вимогам. Сформульована модель, метод, зазначені досягнення. Також, були надані змістовні та конструктивні відповіді на запитання. Окрім того, здобувач повністю виконав освітню складову, має достатню кількість публікацій та провів апробацію свого дослідження. Тому я вважаю, що ми повинні підтримати цю роботу та рекомендувати її для подальшого захисту.

Кандидат технічних наук, доц. Зайцева Т.А., зав. кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Чи є ще бажуючі виступити? Якщо ні, то хочу зазначити, що робота справила на мене дуже позитивне враження. Відчувається, що здобувач чудово володіє предметом, чітко відповідає на всі питання, що свідчить про його повне формування як фахівця та дослідника.

Вважаю, що всі етапи дисертаційної роботи Інкіна О.А. були висвітлені в його доповіді достатньо детально і ґрунтовно. Інкін Олександр надав розгорнутий огляд наукової бази та сучасних досліджень, які стали основою дисертаційної роботи.

Тема роботи є актуальною, оскільки вона пропонує принципово новий підхід

до моделювання та прогнозування електроенцефалограми. Всі запропоновані методи та отримані результати є достовірними і відповідають сучасному рівню наукових досліджень у цій сфері. У дисертації є достатньо елементів наукової новизни. Тому я вважаю, що презентований матеріал відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика і рекомендую цю роботу до захисту на спеціалізованій разовій раді.

Формальні вимоги до роботи Інкіна О.А. виконано в повному обсязі. Кількість публікацій є достатньою. Тому я вважаю, що ми маємо всі підстави проголосувати за подання дисертації Інкіна О.А. до захисту та побажати йому подальших успіхів.

Тепер щодо формальної процедури. Якщо немає питань до голови семінару, до здобувача, то давайте перейдемо до висновку.

ВИСНОВОК

Актуальність теми дисертації

Епілепсія є одним із найпоширеніших неврологічних захворювань, яке вражає понад 50 мільйонів людей у світі. Її діагностика значною мірою ґрунтується на аналізі електроенцефалограм, що дають змогу оцінювати електричну активність головного мозку. Проте традиційний візуальний аналіз ЕЕГ є трудомістким процесом, потребує високої кваліфікації лікаря та може залежати від суб'єктивної інтерпретації. Саме тому актуальним є створення автоматизованих методів аналізу ЕЕГ-сигналів для підвищення точності діагностики, скорочення часу обстеження, класифікації типів епілептичної активності та прогнозування нападів.

Вагомий внесок у становлення електроенцефалографії та епілептології зробили Володимир Правдич-Неминський, Адольф Бек, Олексій Кожевников, Ганс Бергер, Фредерік А. Гіббс та Анрі Гасто. Їхні дослідження заклали основу для розвитку методів реєстрації, обробки та інтерпретації електричної активності мозку, а також для подальшого формування сучасних підходів до діагностики епілепсії.

На сьогодні для аналізу ЕЕГ активно застосовуються методи цифрової обробки сигналів, машинного навчання та глибоких нейронних мереж. Класичні підходи дозволяють досліджувати часові, частотні та спектрально-часові характеристики сигналу, тоді як нейромережеві моделі здатні автоматично виявляти складні патерни, характерні для нормальної та патологічної активності мозку. Це дає змогу зменшити залежність діагностики від ручного аналізу та підвищити ефективність розпізнавання епілептиформної активності.

Попри значний прогрес, існують суттєві обмеження сучасних підходів: нестача якісно анотованих клінічних даних, варіабельність ЕЕГ-записів між різними медичними центрами, недостатня стандартизація попередньої обробки сигналів, висока обчислювальна складність глибоких моделей та низька інтерпретованість їхніх рішень. Крім того, моделі, навчені на даних одного типу обладнання або конфігурації електродів, можуть демонструвати зниження точності на інших наборах даних.

Саме тому актуальним напрямом досліджень є розробка модульних, інтерпретованих і стійких до зміни умов реєстрації архітектур для автоматичного аналізу ЕЕГ-сигналів. Декомпозиція задачі на виявлення артефактів, сегментацію, виділення ознак і класифікацію епілептичної активності дозволяє створювати надійніші системи підтримки прийняття клінічних рішень у діагностиці епілепсії.

Затвердження теми та плану дисертації.

Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (протокол № 3 від 24 листопада 2022 року). Науковим керівником призначено д-ра фіз.-мат. наук, проф. Білозьорова В.Є.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана в рамках ініціативної науково-дослідної роботи «Детерміновані та стохастичні алгоритми комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів різної природи» кафедри комп'ютерних технологій факультету прикладної математики та інформаційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, номер державної реєстрації 0122U001467.

Публікації та особистий внесок здобувача.

За темою дисертації опубліковано 4 статті. Одна з них опублікована у виданні, що входить до наукометричної бази Scopus, а три статті – у виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України категорії Б. Основні результати дисертації отримано автором самостійно. У працях, що опубліковані у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає у побудові числових розв'язків, їхній програмній реалізації, візуалізації отриманих результатів, верифікації даних комп'ютерного моделювання. Публікації Інкіна О. А. відповідають вимогам пп. 8, 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 (зі змінами).

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

Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів забезпечується застосуванням перевірених математичних моделей, коректними математичними постановками задач, використанням теоретично обґрунтованих методів та алгоритмів, які відповідають відомим положенням інших авторів, контрольованою точністю обчислень та гарною узгодженістю числових і експериментальних результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

1. **Вперше** розроблено мультимодальний підхід для діагностики та прогнозування епілепсії, що поєднує переваги оригінального математичного моделювання нейронної динаміки з методами штучного інтелекту у рамках єдиної інтегрованої системи.
2. **Вперше** розроблено метод ідентифікації параметрів математичної моделі на основі ЕЕГ-даних з використанням методів оптимізації та теорії оцінювання параметрів динамічних систем NSODE.
3. **Вперше** розроблено архітектуру нейронної мережі з механізмом уваги для автоматичної локалізації епілептичного фокусу та інтерпретації результатів через аналіз траєкторій у фазовому просторі системи.

Наукове та практичне значення роботи.

На основі запропонованої моделі було побудовано нову систему для розв'язання задачі прогнозування епілепсії та виявлення прихованих закономірностей в електроенцефалографічних часових рядах. Розроблена система NSODE дає змогу моделювати складні нелінійні процеси, що виникають під час аналізу біомедичних сигналів, зокрема електроенцефалограм, які характеризуються високою динамічністю, нестабільністю та наявністю складних часових залежностей. У межах дослідження теоретично обґрунтовано доцільність використання такого підходу для прогнозування епілептичних станів, а також експериментально підтверджено його ефективність у процесі аналізу відповідних даних.

Результати проведеного дослідження мають практичне значення та можуть бути використані для подальшого розвитку інтелектуальних систем аналізу біомедичних даних. Зокрема, запропоновані підходи можуть застосовуватися в

задачах прогнозування, класифікації, виявлення аномальних станів і підтримки прийняття рішень у медичній діагностиці. Отримані результати створюють підґрунтя для вдосконалення сучасних методів автоматизованого аналізу електроенцефалографічних сигналів та можуть сприяти підвищенню точності й надійності діагностичних систем, орієнтованих на раннє виявлення епілептичних станів.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних Scopus:

- Belozyorov V.Ye., Inkin O.A. Systems of singular differential equations as the basis for neural network modeling of chaotic processes - JOURNAL OF OPTIMIZATION, DIFFERENTIAL EQUATIONS AND THEIR APPLICATIONS (JODEA). V. 31. - №2.- December 2023 - P. 24-48. — Режим доступу: <https://model-dnu.dp.ua/index.php/SM/article/view/186/167>

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б:

- Інкін О. А., Погорелов О.В. Моделювання ЕЕГ за допомогою глибоких нейронних мереж - System technologies – V. 3 - № 152 – 2024 - P. 57–68. — Режим доступу: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/1695/995>
- Inkin O.A., Belozyorov V.E. Integrated neuronetwork modeling of EEG for diagnostic disorders of brain activity - System technologies – V. 6 - № 155 – 2025 - P. 89–100. — Режим доступу: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/1918/1192>
- Inkin O. A., Belozyorov V. E. Hybrid modeling of EEG: the FitzHugh-Nagumo-Lorenz model - System technologies – V. 3 - № 158 – 2025 - P. 87–95. — Режим доступу: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/1999/1259>

Тези наукових доповідей:

- Білозьоров В.Є., Інкін О.А. Моделювання та параметричне оцінювання динаміки туберкульозу – Тези доповіді на 12-й міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні» (ІТММ 2020) - 17 березня 2020 р., Дніпро, с. 45. — Режим доступу: https://nmetau.edu.ua/file/itmm_2020_program.pdf
- Інкін О. А., Білозьоров В. Є. Використання адаптованих нейромереж для прогнозування активності мозку. -- Тези доповіді на 17-й міжнародній

науково-практичній конференції « Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті» (УДУНТ) - 13-14 грудня 2023 р., Дніпро, с. 114. — Режим доступу: <https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cb34c374-92cb-40ae-9889-cf1957d1a0cd/content>.

- Білозьоров В. Є., Інкін О. А. Двоетапна процедура нейромережевого моделювання динамічних процесів. - Тези доповіді на 22-й міжнародній науково-практичній конференції “Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем” (MPZIS-2024). – 20-22 листопада 2024 р., Дніпро, с. 79. — Режим доступу: <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2024/11/%D0%9C%D0%9F%D0%97%D0%86%D0%A1-2024-1.pdf>
- Білозьоров В. Є., Інкін О. А. Побудова предиктивної моделі мозкової активності на основі обробки сигналів ЕЕГ та глибоких нейронних мереж. - Тези доповіді на 22-й міжнародній науково-практичній конференції “Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем” (MPZIS-2024). - 20-22 листопада 2024 р., Дніпро, с. 157–158. — Режим доступу: <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2024/11/%D0%9C%D0%9F%D0%97%D0%86%D0%A1-2024-1.pdf>
- Inkin, O. A., Belozyorov V.Ye. Long Short-Term Memory model with the external trend and internal components analysis. – Тези доповіді на міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні» (ITMM-2025) – 23-24 квітня 2025 р., Дніпро, с. 241-246. — Режим доступу: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/itmm/article/view/2104/1334>
- Інкін О. А., Білозьоров В. Є. ЕЕГ у площині хаотичної динаміки - Тези доповіді на 23-й міжнародній науково-практичній конференції “Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем” (MPZIS-2025). – 19-21 листопада 2025 р., Дніпро, с. 157 – 158. — Режим доступу: http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2025/11/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0_%D0%9C%D0%9F%D0%97%D0%86%D0%A1_2025.pdf
- Інкін О. А. Актуальні проблеми та напрями розвитку автоматизованих систем аналізу ЕЕГ – Тези доповіді на 19-й міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті» (УДУНТ) – 18-19 грудня 2025 р., Дніпро, с. 30. — Режим доступу: <https://crust.ust.edu.ua/bitstreams/0b0c55e8-5254-41e7-a960-9c340ef1ca93/download>.

На підставі заслуховування та обговорення доповіді Інкіна О.А. про основні положення дисертаційної роботи, питань та відповідей на них, члени семінару

УХВАЛИЛИ:

1. Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, наукової та практичної цінності здобутих результатів дисертація Інкіна Олександра Андрійовича на тему «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм», відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами).
2. Рекомендувати дисертаційну роботу Інкіна Олександра Андрійовича на тему «Застосування нейромережевого моделювання для діагностики епілепсії за ритмами електроенцефалограм» до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика.
3. Клопотати перед вченою радою університету розглянути питання про створення спеціалізованої вченої ради для проведення разового захисту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика Інкіна Олександра Андрійовича у такому складі:

№ з/п	Прізвище, ім'я, по батькові	Місце основної роботи, підпорядкування, посада	Науковий ступінь, шифр, назва спеціальності, за якою захищена дисертація, рік присудження	Вчене звання (за спеціальністю, кафедрою), рік присвоєння	Наукові публікації, опубліковані за останні п'ять років, за науковим напрямом, за яким підготовлено дисертацію здобувача
1	2	3	4	5	6
1.	Гук Наталія Анатоліївна (голова)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, в.о. проректора з науково-педагогічної роботи	доктор фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.04-механіка деформівного твердого тіла. Диплом ДД000586 від 19.01.2012 р.	професор кафедри комп'ютерних технологій, 2016 р., Україна. Професор по кафедрі обчислювальної математики та математичної кібернетики, 2013 р.	1. Мітіков М., Гук Н., Дослідження проблем швидкодії програмних додатків. <i>Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки</i> , вип. 25, с. 22–36, 2024. DOI: https://doi.org/10.32626/2308-5916.2024-25.22-36 , URL: https://mcm-tech.kpnu.edu.ua/article/view/312531/303505 (фахове видання категорії Б). 2. Guk N.A., Matsevitly Y. M.,

1	2	3	4	5	6
			<p>Тема дисертації «Обернені стаціонарні задачі деформування тонкостінних оболонки» 2011 р.,</p>	<p>Атестат професора 12 ПРН№008751 від 4.07.2013р</p>	<p>Povhorodnii V. O. and Safonov M.O., Determining The Strength of Structural Materials by Solving Inverse Problems of Thermoelasticity. <i>Journal of Optimization, Differential Equations and their Applications</i>, vol. 33, no. 1, pp. 128—143, 2025. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/142507, URL: https://model-dnu.dp.ua/index.php/SM/article/view/213/194. (Scopus).</p> <p>3. Belozyorov V.Ye., Guk N.A., Yehoshkin D.I., Encryption of Color Images Based on Chaotic Attractors Generated by ODE Systems Containing Module Nonlinearities. <i>Journal of Optimization, Differential Equations and their Applications</i>, vol. 32, no. 2, pp. 92–117, 2024. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/142410, URL: https://model-dnu.dp.ua/index.php/SM/article/view/202/183. (Scopus).</p>
2.	Мороз Борис Іванович (опонент)	Професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем національного технічного університету «Дніпровська політехніка»	Доктор технічних наук за спеціальністю 05.25.05 - Інформаційні системи та процеси, ДН №000715,1993 р. Тема дисертації «Методи та засоби організації процесів обробки інформації за критеріями цінності та старіння в системах автоматизованого управління і інформаційного обслу-	Професор по кафедрі економічної інформатики та автоматизованих систем управління. Атестат ПР АР №000326, 1995 р. Доцент по кафедрі робототехнічних систем, ДЦ №00032, 1988 р..	1.Тараненко Ю., Олійник О., Мороз Б.І., В. Лопатін, Analysis of time series using wavelet autocoherece and autocorrelation. <i>Кибернетика та системний аналіз</i> , вип.61(2), 2025, с. 1.-13. DOI: https://doi.org/10.34229/KCA2522-9664.25.2.12 , URL: http://www.kibernetika.org/volumes/2025/numbers/02/articles/12/12.pdf (Scopus) .

1	2	3	4	5	6
			говування»		<p>9945-3-158-2025-06, URL: https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/en/article/view/1995/1256 (фахове видання категорії Б).</p> <p>3.Ievlanov M., Vasilcova N., Panforova I., Moroz B., Martynenko M., Moroz D., Comparison of solutions to the task of IT product configuration items early identification using hierarchical clusterization methods. <i>Eastern-European Journal of Enterprise Technologies</i>, 3 (2 (129)), 2024, p. 20-33. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.303526, URL: https://journals.urau.ua/eejet/article/view/303526298649 (Scopus).</p> <p>4.Ruksov Y., Moroz B., Functional representation of 3D objects as a method of data generalization in generative machine learning models. <i>Computer-Integrated Technologies: Education, Science, Production</i>, 60, (2025), p. 269-282. DOI: https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-60-29, URL: https://cit.lntu.edu.ua/index.php/cit/article/view/777/870 (Scopus).</p>
3.	Поворознюк Анатолій Іванович (опонент)	Професор кафедри комп'ютерної інженерії та програмування з 1980 р. по теперішній час. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Міністерство	<p>Доктор технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології, 2011 р.</p> <p>Диплом ДД №000455. Тема дисертації: «Інформаційні технології підтримки прийняття рішень в</p>	<p>Професор кафедри обчислювальної техніки та програмування 2013 р.</p> <p>Атестат 12ПР №008459 виданий атестаційною колегією МОНУ.</p>	<p>1.Filatova A., Povoroznyuk A., Nosachenko B., Fahs M., Synthesis of an integral signal for solving the problem of morphological analysis of electrocardiograms. <i>Herald of Advanced Information Technology</i>, 2022. Vol. 5, № 4. P. 263-274. DOI: https://doi.org/10.15276/hait.05.2022.19, URL: https://doi.org/10.15276/hait.05.2022.19 (фахове видання категорії А).</p> <p>2.Filatov V., Filatova A., Povoroznyuk A., Omarov S., Image classifier for fast search in large databases. <i>Advanced Information</i></p>

1	2	3	4	5	6
		освіти і науки України, професор	медичній діагностиці на основі синтезу структурованих моделей» 2011.		<p><i>Systems</i>, 2024. Vol. 8, № 2. P. 12-19. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.2.02, URL: https://ais.khpi.edu.ua/article/view/305458/297062 (Scopus).</p> <p>3.Povoroznyuk A., Povoroznyuk O., Filatova A., Heterogeneous ensemble classifier in computer systems for medical diagnostics. <i>Herald of Advanced Information Technology</i>, 2024. Vol. 7, № 4. P. 371-383. DOI: https://doi.org/10.15276/hait.07.2024.26 URL: https://hait.od.ua/index.php/journal/article/view/11/11 (фахове видання категорії А).</p> <p>4.Filatov V., Filatova A., Povoroznyuk A., Fuzzy image classifier in large dynamic databases. <i>Advanced Information Systems</i>, 2025, Vol.9, №2, P. 11–17. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.2.02, URL: https://ais.khpi.edu.ua/article/view/328303/318037 (Scopus).</p>
4.	Байбуз Олег Григорович (рецензент)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та інформаційних технологій	<p>Доктор технічних наук, спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. Диплом ДД №003906 Виданий 13 жовтня 2004 року</p> <p>Тема дисертації «Методи та алгоритми оцінки параметрів надійності авіаційно-космічної</p>	Професор кафедри математичного забезпечення ЕОМ. Аттестат 12ПР №004610 виданий атестаційною колегією МОНУ виданий 22 лютого 2007 року.	<p>1.Байбуз О.Г., Соломатин В.А., Застосування моделі EfficientNet для виявлення ішемічної хвороби серця (ІХС). <i>Системні Технології</i>, 2025 Т. 1 С. 160-165 DOI: https://doi.org/10.34185/1562-9945-1-156-2025-18, URL: https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/en/article/view/1955/122 5 (фахове видання категорії Б).</p> <p>2.Байбуз О.Г., Соломатин В.А., Використання архітектури трансформера для класифікації ішемічної хвороби серця за допомогою рентгенографічних зображень. <i>Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій</i>, Т. 28- 2024 С. 244-253 DOI: http://dx.doi.org/10.15421/432423,</p>

1	2	3	4	5	6
			техніки» 2004		<p>URL: https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/268/239 (фахове видання категорії Б). 3.Байбуз О.Г., Земляний О. Д., Огляд методів аналізу даних та методів машинного навчання при прогнозуванні ішемічної хвороби серця. <i>Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій</i>, Т. 27, 2023, С.109-129. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/432311, URL: https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/236/183 (фахове видання категорії Б). 4.Байбуз О.Г., Соломатин В.А., Сиротенко А. С., Застосування згорткових нейронних мереж для діагностування ішемічного захвовання серця (ІЗС). <i>Системні технології</i>, 2023. Т. 6(149) С. 53-60 DOI: https://doi.org/10.34185/1562-9945-6-149-2023-05, URL: https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/en/article/view/1559 (фахове видання категорії Б).</p>
5.	Зайцев Вадим Григорович (рецензент)	Доцент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, Міністерство освіти і науки України	Кандидат фізико-математичних наук, диплом КН № 009350 від 14.12.1995 за спеціальністю 01.05.02 «Математичне моделювання та обчислювальні методи» Тема дисертації «Оптимальне керування процесами з ві-	Доцент кафедри прикладної математики, атестат доцента 02ДЦ № 011312, виданий атестаційною комісією МОНУ від 16.02.2006 р.	1. Білозьоров В.Є., Зайцев В.Г., Погорелов О.В., Хижа О.Л., Використання методу нелінійного рекурентного аналізу до типізації даних часових рядів електроенцефалографії. <i>Системні технології</i> , 2(145), 2023, с.82-104. DOI: https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-145-2023-09 , URL: https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/en/article/view/1252 (фахове видання категорії Б). 2. Belozyorov V. Ye. Volkova S.A.,

1	2	3	4	5	6
			льною межею», 1995.		Zaytsev V.G., Singular differential equations and their applications for modeling strongly oscillating processes. <i>Journal of optimization, differential equations and their applications</i> , 31(1), 2023, p. 22-52. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/142302 , URL: https://model-dnu.dp.ua/index.php/SM/article/view/179/160 (Scopus). 3. Білозьоров В.Є., Зайцев В.Г., Погорелов О.В., Хижа О.Л., Проблеми аналізу електроенцефалограм методами нелінійної динаміки. <i>Системні технології</i> , 3(158), 2025, с.3-10. DOI: https://doi.org/10.34185/1562-9945-3-158-2025-01 , URL: https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/en/article/view/1989/125 <u>1</u> (фахове видання категорії Б).

Результати голосування:

«За» – 39 осіб,
«Проти» – немає,
«Утримались» – немає.

**Голова
наукового семінару**

Секретар



Олена КІСЕЛЬОВА

Олександр КУЗЕНКОВ