

Голові разової спеціалізованої вченої
ради Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна
професору Марині МІРОШНИК
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доцента кафедри комп'ютерних систем та робототехніки ННІ комп'ютерних наук та штучного інтелекту Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, кандидата технічних наук Стрілець Вікторії Євгенівни на дисертаційну роботу Циблієва Дениса Олександровича «Комп'ютерні методи розпізнавання, аналізу та вимірювання параметрів спектрометричних сигналів», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Обґрунтування вибору теми дослідження

Сучасний розвиток ядерної енергетики, радіаційного моніторингу, екологічного контролю, медичної діагностики та систем безпеки супроводжується постійним зростанням вимог до точності, швидкодії та надійності комп'ютерних систем спектрального аналізу. Однією з ключових проблем таких систем залишається обробка оцифрованих спектрометричних сигналів в умовах впливу шумів, високої інтенсивності потоку частинок та суперпозиції імпульсів, що може суттєво погіршувати якість визначення енергетичних характеристик зареєстрованого випромінювання.

Особливої актуальності зазначена проблема набуває в умовах переходу до цифрових технологій реєстрації та обробки спектрометричних даних, де ефективність роботи програмних алгоритмів безпосередньо впливає на точність вимірювань. Тому розроблення нових методів цифрової обробки

спектрометричних сигналів, здатних забезпечити підвищення точності розпізнавання імпульсів та стійкість до шумових завад, є важливим науковим і практичним завданням.

Водночас актуальним напрямом досліджень у галузі комп'ютерних наук є створення математичних моделей, методів і програмних засобів, які дозволяють здійснювати достовірне моделювання складних сигналів, оцінювати якість алгоритмів їх обробки та обґрунтовувати вибір апаратно-програмних рішень. У цьому контексті особливого значення набувають дослідження, спрямовані на поєднання сучасних методів цифрової обробки сигналів із засобами комп'ютерного моделювання та верифікації результатів аналізу.

Отже, дисертаційна робота, присвячена розробленню методів комп'ютерного аналізу та моделювання спектрометричних сигналів із підвищенням точності визначення їх параметрів в умовах шумів і суперпозиції імпульсів, відповідає актуальним науковим тенденціям розвитку комп'ютерних наук та має важливе прикладне значення для створення сучасних систем спектрального аналізу.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і одного додатку. Загальний обсяг роботи складає 163 сторінки друкованого тексту: 130 сторінок основного тексту, 61 рисунок, 10 таблиць, список використаних джерел із 86 найменувань.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі дисертаційного дослідження, визначено наукову новизну і практичну цінність роботи, описано використані у дослідженні методи, зазначений особистий внесок здобувача.

У *розділі 1* проведено аналіз існуючих підходів до розпізнавання і визначення параметрів оцифрованих спектрометричних сигналів в

комп'ютерних системах спектрального аналізу, детально розглянуто прості та швидкі методи обробки спектрометричних даних, а також найбільш сучасні та ефективні методи з можливістю визначення параметрів імпульсів при їх суперпозиції. Показано, що точність існуючих методів аналізу може знижуватися внаслідок впливу електричних шумів та спотворення форми сигналу у випадках взаємного накладання імпульсів. Сформульовано основні напрямки і завдання дослідження.

У розділі 2 було представлено розроблений метод аналізу параметрів спектрометричних сигналів з механізмом фільтрації сигналу від шуму на основі дискретних перетворень Фур'є та додатковою обробкою імпульсів при суперпозиції. Також було запропоновано більш універсальний метод аналізу з використанням дискретних вейвлет-перетворень та автоматичним визначенням порогу шумоподавлення завдяки використанню адаптивного алгоритму BayesShrink. Здобувачем описані вдосконалені математичні моделі та методи комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів з можливістю генерації цифрових образів сигналів згідно заданих шаблонних розподілів імпульсів та з підвищеною деталізацією. Наприкінці розділу наведено розроблений алгоритм програмної верифікації точності розпізнавання ключових параметрів імпульсів методами комп'ютерного аналізу на симульованих даних.

У розділі 3 насамперед було обґрунтовано вибір мови програмування та середовища розробки для реалізації запропонованих моделей та методів. Детально описано розроблений в рамках дослідження програмний застосунок для комп'ютерного моделювання, аналізу, верифікації оцифрованих спектрометричних даних та візуалізації отриманих результатів. Проведено перевірку роботи розроблених методів комп'ютерного аналізу на змодельованих даних для кількох базових сценаріїв з повністю відомими вхідними даними. Також представлено модель розподіленої комп'ютерної системи для отримання, передачі по мережі та аналізу спектрометричних

даних, описано реалізацію прототипу такої системи, що складалася з двох розподілених програмних модулів.

У розділі 4 представлено результати експериментальних досліджень на змодельованих даних, проведено детальний аналіз точності і швидкодії двох існуючих та нових запропонованих методів аналізу для кількох сценаріїв з різною інтенсивністю генерації імпульсів, здійснено порівняльну оцінку отриманих результатів. Також роботу нових розроблених методів комп'ютерного аналізу було перевірено на реальних цифрових даних, отриманих від зразків матеріалів джерел випромінювання за допомогою спектрометричного обладнання та діджитайзера. Описано практичні рекомендації по застосуванню розроблених методів комп'ютерного аналізу та моделювання спектрометричних сигналів.

У висновках підведені підсумки та запропоновані напрямки та перспективи подальших досліджень.

Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи були проаналізовані сучасні результати наукових досліджень.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає встановленим вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. “Про затвердження Вимог до оформлення дисертації” та “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 №44 від 12 січня 2022 р.

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

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечено аргументованими результатами досліджень і підтверджується співставленням з результатами експериментальних досліджень на основі

принципів та методів системного аналізу, а також застосування імітаційного та математичного моделювання, чисельних методів, теорії математичної статистики, теорії ймовірностей, методів цифрової обробки сигналів, методів і алгоритмів аналітичної обробки та інтелектуального аналізу великих масивів даних.

Достовірність отриманих результатів забезпечується:

- результатами виконаних автором експериментальних досліджень;
- публікацією статей в провідних фахових виданнях України;
- апробацією отриманих наукових результатів на науково-практичних конференціях.

Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних наукових конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових виданнях. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 10 наукових праць, серед яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому фаховому виданні України, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, 4 праці – у матеріалах і тезах конференцій.

Дисертант отримав такі наукові результати:

- *вперше* розроблено комп'ютерний метод розпізнавання та аналізу спектрометричних сигналів, особливістю якого є механізм фільтрації оцифрованого сигналу від електричного шуму з використанням алгоритмів швидкого дискретного перетворення Фур'є та додаткова обробка імпульсів при накладанні один на одного (суперпозиції), що в сукупності забезпечує підвищення точності розпізнавання параметрів сигналів в комп'ютерних системах спектрального аналізу;
- *вперше* розроблено комп'ютерний метод аналізу параметрів спектрометричних сигналів, що відрізняється від існуючих механізмом

фільтрації сигналу від шуму за допомогою дискретних вейвлет-перетворень та алгоритму BayesShrink для автоматичного визначення шумового порогу, а також алгоритмом аналізу рівня сигналу з обробкою суперпозиції імпульсів. Це дозволило підвищити універсальність застосування методу та точність визначення параметрів спектрометричних даних;

– *удосконалено* математичні моделі і алгоритми моделювання спектрометричних сигналів, шляхом реалізації можливості симуляції образу сигналу з потрібним розподілом амплітуд імпульсів на основі попередньо завантаженого шаблону – табличної функції розподілу амплітуд. Це дало можливість створення цифрових образів сигналів з повністю визначеними вхідними даними з розподілом амплітуд імпульсів, наближеним до реального джерела випромінювання або ідеалізованим розподілом, які можуть бути використані для подальшої перевірки ефективності роботи комп'ютерних методів спектрального аналізу;

– *отримав подальший розвиток* метод комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів, шляхом підвищення деталізації генерації образу сигналу та реалізації можливості випадкового зміщення часу виникнення і амплітуди імпульсів відносно точок дискретизації. Це дозволило програмно генерувати цифровий образ сигналу з дискретністю, яка наближує його до реального аналогового сигналу.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів дослідження полягає в тому, що розроблені методи комп'ютерного аналізу параметрів спектрометричних сигналів з покращеною фільтрацією від шуму та обробкою суперпозиції імпульсів можуть бути використані при розробці програмно-апаратних комплексів спектрального аналізу. Отримані в рамках дослідження результати свідчать, що дані методи можуть показувати високу точність визначення параметрів оцифрованих сигналів, отриманих зі сцинтиляційних детекторів.

Вдосконалені математичні моделі та методи комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів можуть використовуватися для створення цифрових образів сигналів, які досить складно або дороговартісно отримати експериментальним шляхом. Окрім цього, використання розробленого програмного засобу, що реалізує описані підходи до моделювання та запропонований метод верифікації, дозволяє обґрунтовано оцінити точність роботи як вже відомих, так і нових методів спектрального аналізу.

Таким чином, результати дослідження мають високий потенціал для практичного впровадження та розвитку сучасних комп'ютерних систем спектрального аналізу.

Дотримання академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації або фабрикації тексту відсутні.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

1. Запропоновані у дисертаційній роботі методи базуються на добре відомих інструментах цифрової обробки сигналів – Фур'є-аналізі, wavelet-перетворень, BayesShrink та корекції pile-up. Доцільно було б більш формалізовано показати, які саме елементи запропонованих методів забезпечують отриманий приріст точності та становлять наукову новизну.

2. У роботі порівняння здійснюється переважно з методами Максимуму та Підбору (розділ 4). Для більш повної оцінки ефективності запропонованих методів доцільно було б розширити перелік методів порівняння за рахунок сучасних алгоритмів обробки pile-up-сигналів, адаптивної цифрової фільтрації та методів, заснованих на машинному навчанні.

3. У таблицях 4.1 – 4.9 наведено порівняльні значення точності та швидкодії досліджуваних методів, однак відсутні оцінки статистичної

достовірності отриманих результатів (довірчі інтервали, стандартні відхилення, результати перевірки статистичної значущості відмінностей). Це дещо ускладнює оцінювання стійкості отриманих переваг запропонованих методів.

4. Результати роботи методів аналізу на вхідних даних змодельованих (таблиці 4.1 – 4.6) демонструють підвищення точності запропонованих методів, однак не в повній мірі проаналізовано співвідношення між приростом точності та збільшенням часу обробки. Доцільним було б доповнити роботу оцінкою ефективності за інтегральними критеріями, які одночасно враховують точність і обчислювальні витрати.

5. Практична цінність отриманих результатів не викликає сумнівів, апробація розроблених методів на реальних експериментальних даних є успішною, проте дискусійним залишається питання їх ефективності для інших типів сцинтиляційних детекторів, різних джерел гамма-випромінювання та ширшого діапазону енергетичних спектрів, що могло б стати предметом подальших досліджень.

Проте зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків, і можуть бути напрямками подальших досліджень.

Загальні висновки щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Циблієва Дениса Олександровича «Комп'ютерні методи розпізнавання, аналізу та вимірювання параметрів спектрометричних сигналів», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», галузь знань 12 «Інформаційні технології», є актуальною, завершеною науковою працею, виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно та доступно викладеним матеріалом.

У роботі вирішено важливе науково-прикладне завдання, що полягає у розробці нових методів аналізу параметрів спектрометричних сигналів з покращеною фільтрацією сигналу від шуму та додатковою обробкою імпульсів при суперпозиції з метою підвищення точності роботи комп'ютерних систем спектрального аналізу. Також були розроблені моделі і методи комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів та введені критерії верифікації результатів роботи методів комп'ютерної обробки даних.

Вважаю, що здобувач Циблієв Денис Олександрович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний рецензент,

кандидат технічних наук,

доцент закладу вищої освіти кафедри

комп'ютерних систем та робототехніки

ННІ комп'ютерних наук та штучного інтелекту

Харківського національного

університету імені В.Н. Каразіна



Вікторія СТРИЛЕЦЬ

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 14:38:51 03.07.2026

Назва файлу з підписом: Рецензія_Стрілець_Циблієв.pdf.p7s
Розмір файлу з підписом: 174.2 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія_Стрілець_Циблієв.pdf
Розмір файлу без підпису: 157.0 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: СТІЛЕЦЬ ВІКТОРІЯ ЄВГЕНІВНА
П.І.Б.: СТІЛЕЦЬ ВІКТОРІЯ ЄВГЕНІВНА
Країна: Україна
РНОКПП: 3178404529
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 14:38:50 03.07.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000008F5C5301E8C0F906
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAdES enveloped)
Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAdES-X Long)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.05.15 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна
професору Марині МІРОШНИК
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора фізико-математичних наук, професора з кафедри теоретичної фізики імені академіка І. М. Ліфшиця фізичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, Нємченко Костянтина Едуардовича на дисертаційну роботу **Циблієва Дениса Олександровича «Комп'ютерні методи розпізнавання, аналізу та вимірювання параметрів спектрометричних сигналів»** подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження

Дисертаційна праця Циблієва Д. О. присвячена розробці методів комп'ютерного аналізу спектрометричних сигналів, а також вдосконаленню математичних моделей і методів комп'ютерного моделювання таких сигналів. Основна мета дослідження полягає у створенні нових алгоритмічних підходів, які дозволять підвищити точність обробки даних у комп'ютерних системах спектрального аналізу.

Останнім часом методи комп'ютерного аналізу активно застосовуються для розпізнавання та визначення параметрів спектрометричних сигналів, на противагу традиційним підходам з використанням аналогової електроніки. Комп'ютерний аналіз дозволяє виконувати обробку масивів оцифрованих спектрометричних даних з метою визначення основних характеристик імпульсів (час появи, амплітуди), побудови спектрів та отримання корисної інформації про

досліджені зразки. Варто відмітити, що точність існуючих методів комп'ютерного аналізу спектрометричних сигналів може знижуватися внаслідок впливу електричних шумів, а також спотворення форми цифрового сигналу при суперпозиції імпульсів, особливо при високих рівнях завантаження детекторів. Сучасні дослідження у галузі комп'ютерного аналізу таких сигналів часто підкреслюють важливість механізмів зменшення впливу електричного шуму в процесі обробки цифрових даних та спрямовані на покращення ефективності методів аналізу, тому актуальність дисертаційної роботи не викликає сумнівів.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення

Дисертація представляє собою самостійне, завершене та цілісне наукове дослідження. Текст роботи добре структурований, відрізняється високим рівнем методологічної культури та науковим стилем мовлення. Робота складається з 4 розділів, кожен з яких має підрозділи, містить загальні висновки та висновки до кожного підрозділу. Висновки дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну проведених досліджень та логічно виходять із викладеного матеріалу, достатньо повно його відображають, дають відповідь на поставлені в роботі мету та завдання дослідження.

Загальний обсяг роботи складає 163 сторінки друкованого тексту: 130 сторінок основного тексту, 61 рисунок, 10 таблиць, список використаних джерел із 86 найменувань і один додаток, що містить список публікацій здобувача за темою дисертації. Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Дисертація написана науковим стилем мовлення, структура дисертації відповідає алгоритму, здійсненого автором дослідження.

Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44 (редакція від 01.01.2024 р.), та наказу

Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій».

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

Дисертаційна робота Циблієва Д. О. виконана в рамках ініціативної науково-дослідної роботи (НДР) МОН України «Концептуальні моделі, методи і технології створення адаптивних інформаційних систем на основі знання-орієнтованих підходів та засобів розробки програмного забезпечення» в ННІ комп'ютерних наук і штучного інтелекту Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (номер державної реєстрації 0121U113328, термін виконання 2022-2024 рр.).

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

Висловлені положення та рекомендації відзначаються достовірністю.

Детальне ознайомлення з текстом наукового дослідження і публікаціями Д. О. Циблієва дозволяє стверджувати, що підхід дисертанта до аналізу предмета дослідження є фундаментальним й ґрунтовним. Дисертація має логічну структуру, яка дозволяє розкрити поставлені дослідницькі завдання та досягти поставленої мети. Робота Д. О. Циблієва має чітку структуру дослідження, послідовність та аргументованість положень дисертації.

Методологічною основою дослідження є широкий спектр загальнонаукових та спеціальних підходів, методів математичного моделювання, алгоритмів інтелектуального аналізу великих масивів даних та сучасних підходів до розробки програмного забезпечення. При написанні дисертації Д. О. Циблієв застосував сучасні методи дослідження, кількісні результати дослідження обчислені відповідними статистичними методами, а

аналіз отриманих даних представлено в узагальненні отриманих результатів та сформульовано у висновках.

Викладення матеріалу, майстерно проведене обґрунтування висновків свідчить про глибокі фахові знання Циблієва Д. О. стосовно питань, що вивчались в дисертаційному дослідженні. Текст дисертації вдало доповнюється таблицями, графіками, формулами та ілюстраціями. Висновки та практичні рекомендації логічно виходять із викладеного матеріалу та достатньо повно його відображають, дають відповідь на поставлені в роботі мету та завдання дослідження.

5. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна

За змістом дисертація розкриває обрану тему, в цілому вирішує поставлену мету та завдання дослідження. Дисертація структурована відповідно плану. Стил викладення матеріалу відрізняється науковістю, логічністю, послідовністю.

Найбільш важливими науковими результатами, що були отримані в роботі, є наступні.

а) Вперше розроблено метод комп'ютерного аналізу параметрів спектрометричних сигналів, особливістю якого є механізм фільтрації сигналу від електричного шуму на основі алгоритмів дискретних перетворень Фур'є та додаткова обробка імпульсів при їх суперпозиції, що в сукупності забезпечує підвищення точності розпізнавання та вимірювання основних параметрів сигналів в комп'ютерних системах спектрального аналізу.

б) Вперше розроблено метод комп'ютерного аналізу спектрометричних даних, що відрізняється від існуючих механізмом фільтрації сигналу від шуму за допомогою дискретних вейвлет-перетворень та алгоритму BayesShrink для автоматичного визначення шумового порогу, а також алгоритмом аналізу рівня сигналу з обробкою суперпозиції імпульсів. Це дозволило підвищити універсальність застосування методу та точність визначення параметрів спектрометричних даних.

с) Удосконалено математичні моделі та методи комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів за рахунок реалізації моделювання згідно спеціальних шаблонів. Це дозволило генерувати образи спектрометричних сигналів, що відтворюють цифрові дані записані під час реальних експериментів або створювати штучні, ідеалізовані образи сигналів, що дало можливість створити вхідні дані для аналізу з повністю відомими параметрами та отримати метрики ефективності методів комп'ютерної обробки.

d) Отримав подальший розвиток метод комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів за рахунок підвищення деталізації генерації образу сигналу та додавання коефіцієнту деталізації, що на порядок або більше перевищує частоту оцифрування. Це дозволило моделювати цифровий імпульсний сигнал, що є максимально наближеним до реальних сигналів та враховує можливість зміщення фаз імпульсів відносно точок дискретизації. За рахунок цього стало можливим виміряти максимальні величини похибок при визначенні амплітуд імпульсів простими методами аналізу, що зумовлені саме дискретизацією аналогового сигналу.

У результаті проведеного дослідження сформульовано низку нових наукових положень і висновків, запропонованих особисто здобувачем.

6. Дотримання академічної доброчесності

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

7. Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення отриманих автором результатів полягає в тому, що розроблені методи комп'ютерного аналізу параметрів спектрометричних

сигналів з покращеною фільтрацією від шуму та обробкою суперпозиції імпульсів можуть бути використані при розробці програмно-апаратних комплексів спектрального аналізу. Отримані результати зазначають, що дані методи можуть показувати високу точність визначення параметрів оцифрованих сигналів, отриманих зі сцинтиляційного детектора, в яких присутні електричні шуми характерні для цього типу детекторів. Вдосконалені математичні моделі та методи комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів можуть використовуватися для створення цифрових образів сигналів, які досить складно або дорого вартісно отримати експериментальним шляхом.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

Загалом дисертація оформлена відповідно наказу №40 МОН України від 12.01.2017 року. Мета наукової роботи досягнута. Завдання виконані у повному обсязі. Принципових і суттєвих зауважень до роботи не виникло, всі розділи були оцінені позитивно.

При рецензуванні роботи виникли деякі запитання, які пропонується обговорити в рамках наукової дискусії:

1. Питання до Рис 2.1, чому не вказано певне число N ? Чому одразу вибрана степінь 2, й чому саме така – 10?
2. В описі методу на сторінці 55 вказано, що «потрібно залишити невелику частину сигналу (параметр алгоритму) з електричним шумом». Як визначати цю частку, і як визначати, що таке електричний шум?
3. На сторінці 72 вказано, що «Згенеровані значення сигналу мають задаватися на порядок точніше ширини одного каналу АЦП (LSB) і повинні бути представлені числами з плаваючою точкою (float)». Чому саме float?

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи

Зміст дисертації засвідчує, що дисертація Д. О. Циблієва являє самостійну завершену наукову працю, в якій представлено авторське розв'язання окреслених завдань. Висловлені автором гіпотези, висновки, узагальнення підтверджуються отриманими результатами дослідження.

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Циблієва Дениса Олександровича «Комп'ютерні методи розпізнавання, аналізу та вимірювання параметрів спектрометричних сигналів» є завершеною самостійно виконаною науковою працею, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки. Дисертація відповідає вимогам 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 (редакція від 01.01.2024 р.). Дисертація оформлена згідно з вимогами Наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.).

Офіційний рецензент:

Доктор фізико-математичних наук
професор закладу вищої освіти
кафедри теоретичної фізики
імені академіка І. М. Ліфшиця
фізичного факультету
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна

Костянтин НЕМЧЕНКО

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 13:25:53 22.06.2026

Назва файлу з підписом: Рецензія_Нємченко_K_E.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 145.7 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія_Нємченко_K_E.pdf
Розмір файлу без підпису: 145.4 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: НЄМЧЕНКО КОСТЯНТИН ЕДУАРДОВИЧ
П.І.Б.: НЄМЧЕНКО КОСТЯНТИН ЕДУАРДОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2377500910
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 13:25:51 22.06.2026
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000767440011C551207
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.05.15 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої
ради Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
професору Марині МІРОШНИК
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, професора кафедри кафедри кібербезпеки та DATA-технологій навчально-наукового інституту №5 Харківського національного університету внутрішніх справ, доктора технічних наук (спеціальність 05.13.05 – Комп’ютерні системи та компоненти) Можая Олександра Олександровича на дисертаційну роботу Циблієва Дениса Олександровича «Комп’ютерні методи розпізнавання, аналізу та вимірювання параметрів спектрометричних сигналів», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп’ютерні науки» з галузі знань 12 – «Інформаційні технології».

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Сучасна тенденція до використання комп’ютерних систем для аналізу оцифрованих спектрометричних сигналів, на противагу минулим підходам обробки таких сигналів за допомогою аналогової електроніки, зумовлюють необхідність розроблення нових інтелектуальних підходів до комп’ютерної обробки масивів цифрових даних в умовах впливу різноманітних факторів, що можуть спотворювати первинну інформацію, такі як електричні шуми або суперпозиція імпульсів. Одним із перспективних напрямів розв’язання цієї задачі є використання алгоритмів дискретних перетворень Фур’є та дискретних вейвлет-перетворень для фільтрації цифрового сигналу від шуму з мінімальними змінами корисної складової, а також інтелектуальний аналіз масивів спектрометричних даних для збільшення точності визначення параметрів імпульсів при їх суперпозиції.

Запропоновані в роботі нові методи комп’ютерної обробки спектрометричних даних мають високу актуальність, адже дозволяють підвищити точність розпізнавання та вимірювання параметрів спектрометричних сигналів в комп’ютерних системах спектрального аналізу.

Разом з цим, важливою частиною дослідження є вдосконалення моделей та методів комп'ютерного моделювання цифрових образів сигналів та розробка алгоритмів програмної верифікації, що в комплексі надають можливість об'єктивної оцінки результатів роботи існуючих та нових методів аналізу.

Тема дисертаційної роботи Циблієва Д. О. пов'язана із практичними запитамі сучасної сфери розробки інтелектуальних комп'ютерних систем та відповідає пріоритетам розвитку інформаційних технологій, а також положенням низки національних і міжнародних стратегій цифрової трансформації. Її реалізація дозволяє обґрунтовано поєднати фундаментальні аспекти теорії побудови комп'ютерних систем або розподілених комп'ютерних систем із прикладними рішеннями у сфері комп'ютерного аналізу великих масивів даних та інженерії програмного забезпечення.

Таким чином, вибір теми дослідження є логічно обґрунтованим і своєчасним, оскільки відповідає сучасному рівню розвитку науки та техніки, а також потребам розробників інтелектуальних обчислювальних систем.

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Циблієва Дениса Олександровича є самостійним комплексним дослідженням, що має чітку логічну структуру, відповідає сучасним вимогам до наукових робіт за змістом, оформленням і методологічним рівнем. Структура дисертації охоплює вступ, чотири основних розділи, висновки, список використаних джерел та один додаток. Така структура є традиційною і послідовно розкриває ключові етапи реалізації поставленої наукової мети.

У вступі здобувач вмотивовано пояснює вибір теми, формулює мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, наукову новизну, практичну цінність результатів і особистий внесок у виконання наукової роботи. Також наведено інформацію про публікації здобувача (всього 10), участь у наукових заходах і апробацію основних результатів дослідження. Сформульовані положення, винесені на захист, чітко відображають основні досягнення автора.

У першому розділі було здійснено системний огляд існуючих досліджень і робіт, присвячених методам розпізнавання та визначення параметрів спектрометричних сигналів. Розглянуто основні проблеми при визначенні вищезазначених параметрів, а саме зниження точності комп'ютерного аналізу даних внаслідок впливу електричних шумів або внаслідок суперпозиції імпульсів, особливо при високій інтенсивності їх появи. Наведено огляд основних етапів та підходів до обробки оцифрованих імпульсних сигналів та проаналізовано існуючі підходи для вирішення розглянутих проблем. Також було обґрунтовано необхідність вдосконалення та розробки математичних

моделей і методів комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів через випадковість та непередбачуваність процесів на вході детекторів. Автором аргументовано доцільність комп'ютерного моделювання спектрометричних даних, адже це надає можливість генерації масивів вхідних даних для методів комп'ютерного аналізу з повністю відомими параметрами та об'єктивної оцінки ефективності роботи вже відомих та розроблених методів.

У другому розділі було представлено два нові методи комп'ютерного аналізу спектрометричних даних. Перший метод базується на використанні дискретних перетворень Фур'є для фільтрації цифрового сигналу від шуму та виконує додаткову обробку імпульсів при їх суперпозиції. Особливістю другого методу є використання дискретних вейвлет-перетворень та адаптивного алгоритму BayesShrink для фільтрації сигналу від шуму з автоматичним визначенням порогу шумоподавлення, що робить цей підхід більш універсальним в застосуванні. Також здобувачем в цьому розділі було представлено вдосконалені моделі та методи моделювання цифрового образу сигналу, зокрема метод моделювання з підвищеною деталізацією. В сукупності, описані методи симуляції даних, а також розроблений алгоритм верифікації точності роботи методів комп'ютерної обробки, дали можливість в ході дослідження провести програмні експерименти та отримати об'єктивні оцінки точності розпізнавання параметрів спектрометричних даних різними методами комп'ютерного аналізу.

У третьому розділі здобувачем було детально розглянуто та описано вибір програмних засобів для реалізації розроблених методів аналізу та комп'ютерного моделювання, обґрунтовано вибір мови програмування та інтегрованого середовища розробки. Було описано інтерфейс користувача, основні функціональні можливості та архітектуру розробленого в рамках дослідження програмного засобу. Автором показано, що програмно реалізовані нові методи комп'ютерного аналізу продемонстрували високу точність розпізнавання параметрів оцифрованих сигналів при перевірці на базових сценаріях. Також були більш детально досліджені моделі та методи комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів згідно заданого шаблону та описані результати їх роботи. Наприкінці, здобувачем було представлено модель розподіленої комп'ютерної системи для отримання, передачі по мережі та комп'ютерного аналізу спектрометричних даних і описано програмну реалізацію прототипу такої системи.

У четвертому розділі автором було проведено оцінку точності та швидкодії роботи розроблених методів комп'ютерного аналізу спектрометричних сигналів та порівняння з існуючими методами, наведено порівняльні метрики ефективності для всіх розглянутих методів програмного аналізу. В підсумку, серед досліджених сценаріїв на змодельованих даних

розроблені методи показали кращу розпізнавальну здатність, ніж розглянуті існуючі альтернативні методи. Окрім цього, запропоновані методи комп'ютерної обробки були використані для аналізу спектрометричних даних, отриманих під час реальних експериментів з випромінюючими матеріалами і побудовані діаграми відповідали очікуванім спектрам даних матеріалів. Наведено практичні рекомендації щодо застосування розроблених методів комп'ютерного аналізу та моделювання спектрометричних сигналів.

У висновках систематизовано отримані результати, підтверджено досягнення поставленої мети, виділено наукові положення, що мають новизну та практичну значущість. Відмічено, що отримані в рамках дослідження результати підтверджують можливість практичного застосування запропонованих комп'ютерних методів аналізу параметрів спектрометричних сигналів при розробці програмно-апаратних комплексів для ядерного спектрального аналізу.

Список використаних джерел охоплює 86 позицій, включаючи сучасні наукові публікації, матеріали конференцій, документи з відкритих наукометричних баз (IEEE, Scopus, Web Of Science). Така бібліографія є повною, різноплановою й актуальною, що свідчить про глибоке опрацювання літератури та орієнтованість на сучасний науковий дискурс.

У додатку представлено перелік публікацій здобувача за темою дисертації, які відображають його наукові напрацювання.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі.

Вперше розроблено комп'ютерний метод розпізнавання та аналізу спектрометричних сигналів, особливістю якого є механізм фільтрації оцифрованого сигналу від електричного шуму з використанням алгоритмів швидкого дискретного перетворення Фур'є та додаткова обробка імпульсів при накладанні один на одного (суперпозиції), що в сукупності забезпечує підвищення точності розпізнавання параметрів сигналів в комп'ютерних системах спектрального аналізу іонізуючого випромінювання.

Вперше розроблено комп'ютерний метод аналізу параметрів спектрометричних сигналів, що відрізняється від існуючих механізмом фільтрації сигналу від шуму за допомогою дискретних вейвлет-перетворень та алгоритму BayesShrink для автоматичного визначення шумового порогу, а також алгоритмом аналізу рівня сигналу з обробкою суперпозиції імпульсів. Це дозволило підвищити універсальність застосування методу та точність визначення параметрів спектрометричних даних.

Удосконалено математичні моделі і алгоритми моделювання спектрометричних сигналів, шляхом реалізації можливості симуляції образу сигналу з потрібним розподілом амплітуд імпульсів на основі попередньо

завантаженого шаблону — табличної функції розподілу амплітуд. Це дало можливість створення цифрових образів сигналів з повністю визначеними вхідними даними з розподілом амплітуд імпульсів, наближеним до реального джерела випромінювання або ідеалізованим розподілом, які можуть бути використані для подальшої перевірки ефективності роботи комп'ютерних методів спектрального аналізу.

Отримав подальший розвиток метод комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів, шляхом підвищення деталізації генерації образу сигналу та реалізації можливості випадкового зміщення часу виникнення і амплітуди імпульсів відносно точок дискретизації. Це дозволило програмно генерувати цифровий образ сигналу з дискретністю, яка наближує його до реального аналогового сигналу.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота Циблієва Дениса Олександровича є прикладом ґрунтовного та цілісного наукового дослідження, у якому простежується послідовний логічний розвиток від формулювання проблеми до отримання практичних результатів. Кожен структурний елемент дисертації відповідає актуальним вимогам до наукових кваліфікаційних праць, а обґрунтованість висновків підтверджується їх тісним зв'язком із поставленими завданнями, використаною методологією та експериментальними результатами.

Особливістю роботи є створення комплексного підходу з використанням симуляції цифрових образів сигналів з відомими параметрами, комп'ютерною обробкою спектрометричних даних та програмною верифікацією результатів, що дало змогу отримати об'єктивні метрики точності роботи різних методів комп'ютерного аналізу. Ефективність запропонованих методів аналізу підтверджено програмними експериментами на змодельованих даних для кількох розглянутих сценаріїв з різною інтенсивністю генерації імпульсів.

Наукові положення, винесені на захист, логічно впливають із аналізу теоретичних основ і результатів практичної апробації. Автор продемонстрував обґрунтованість своїх висновків завдяки порівняльному аналізу верифікованої точності результатів комп'ютерного аналізу спектрометричних даних розробленими і кількома існуючими методами.

Підтвердженням належного рівня достовірності та обґрунтованості результатів є апробація дисертаційних положень на фахових конференціях, публікації в рецензованих виданнях, програмна реалізація розроблених моделей і методів, а також проведення експериментів за допомогою створеного програмного засобу. Рекомендації, сформульовані у роботі, мають практичну

спрямованість, адже орієнтовані на підвищення точності визначення параметрів спектрометричних сигналів та можуть бути використані для вдосконалення існуючих або створення нових комп'ютерних систем спектрального аналізу. В свою чергу, вдосконалені математичні моделі та методи комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів можуть використовуватися для створення цифрових образів сигналів, які досить складно або дорого вартісно отримати експериментальним шляхом.

Апробація та публікації.

Результати дисертаційного дослідження Циблієва Дениса Олександровича отримали належну апробацію в десяти наукових публікаціях, що підтверджує системність, цілеспрямованість і високий рівень наукової активності здобувача. До них належать: одна стаття у журналі, що індексується у базі даних Scopus; п'ять статей у фахових виданнях, включених до переліку наукових видань МОН України; а також чотири праці, представлені у збірниках матеріалів міжнародних конференцій, де результати були винесені на фахове обговорення.

У наведених публікаціях розкрито ключові наукові положення роботи: розробку нових методів комп'ютерного аналізу спектрометричних даних з використанням дискретних перетворень Фур'є та дискретних вейвлет-перетворень, вдосконалення методів комп'ютерного моделювання сигналів з потрібними параметрами, а також реалізацію алгоритму програмної верифікації результатів роботи методів комп'ютерного аналізу. Експериментальні дослідження, що проводились із використанням розробленого в рамках роботи програмного засобу, докладно висвітлені та супроводжуються порівняльними результатами оцінювання точності розпізнавання параметрів спектрометричних даних як новими, так і кількома існуючими методами комп'ютерної обробки.

Такий рівень наукової апробації демонструє високий ступінь готовності запропонованих рішень до практичного впровадження, а також зацікавленість академічного й прикладного середовища спеціалістів даного напрямку у результатах дослідження. Публікаційна активність автора засвідчує не лише актуальність обраної тематики, а й здатність здобувача ефективно транслювати свої наукові напрацювання у формі завершених публікацій, що відповідають чинним вимогам до результатів дисертаційного дослідження.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність.

Дисертаційне дослідження Циблієва Дениса Олександровича повністю відповідає чинним вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, встановленим Постановою Кабінету Міністрів України № 44

від 12.01.2022 р. (із внесеними змінами) та наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. (із змінами). Під час ознайомлення з матеріалами встановлено, що робота характеризується цілісністю, логічною побудовою, дотриманням академічного стилю викладу та коректністю у використанні джерел, що свідчить про відповідність вимогам академічної доброчесності.

Результати перевірки дисертації через систему Strikeplagiarism.com підтверджують високий рівень авторської самостійності та відсутність недоброчесних запозичень. Текст відзначається належним рівнем унікальності, а всі основні положення, наукові висновки та практичні рекомендації базуються на самостійному аналізі, експериментальних даних і глибокому опрацюванні сучасних досліджень у галузі інтелектуального аналізу цифрових сигналів, комп'ютерного моделювання та алгоритмів обробки великих масивів даних.

Публікаційна активність здобувача, представлена в додатку до дисертації, охоплює всі ключові етапи дослідження — від постановки проблеми до практичного впровадження результатів. Автору вдалося цілісно представити наукові здобутки у відповідних фахових виданнях і на конференціях, що підтверджує системність, завершеність та актуальність проведеної роботи.

Таким чином, дисертація повністю відповідає сучасним стандартам у сфері інформаційних технологій і може бути рекомендована до захисту.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Результати дисертаційного дослідження Циблієва Д.О. мають вагомe значення для розвитку як теоретичних засад інтелектуального аналізу оцифрованих спектрометричних сигналів, так і прикладних рішень у сфері розробки комп'ютерних систем спектрального аналізу. Уперше розроблено комплексний підхід до дослідження ефективності нових та існуючих методів спектрального аналізу за допомогою моделювання даних з відомими параметрами, їх комп'ютерною обробкою та програмною верифікацією отриманих результатів. Здобувач детально обґрунтував верифіковані метрики роботи нових розроблених методів аналізу спектрометричних даних на основі запропонованих алгоритмів, що дозволяє підвищити точність розпізнавання та вимірювання параметрів спектрометричних сигналів в комп'ютерних системах спектрального аналізу.

З практичної точки зору значущість дослідження підтверджується розробкою програмного засобу, що дозволяє виконувати комп'ютерне моделювання спектрометричного сигналу, а також здійснювати аналіз симульованих або завантажених з реальних експериментів даних за допомогою програмно реалізованих існуючих та запропонованих методів комп'ютерної обробки і візуалізовувати результати. Розроблені методи комп'ютерного аналізу

продемонстрували високу точність розпізнавання параметрів оцифрованих сигналів при перевірці на базових сценаріях та в сценаріях з більш високою інтенсивністю генерації імпульсів, що підтверджує можливість їх впровадження при розробці програмно-апаратних комплексів спектрального аналізу

Окрему увагу приділено впровадженню результатів у освітній процес. Матеріали дисертації були використані для вдосконалення змісту навчальних дисциплін, зокрема у галузі інтелектуального аналізу цифрових сигналів в комп'ютерних системах у Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна. Така інтеграція наукових напрацювань у вищу освіту підкреслює міждисциплінарний характер роботи та її практичну цінність.

Узагальнюючи вищенаведене, слід зазначити, що виконана дисертаційна робота відкриває нові перспективи для досліджень у сфері комп'ютерної обробки цифрових сигналів, забезпечує ґрунт для розвитку відповідних комп'ютерних систем та сприяє інтеграції інноваційних технологій у науково-освітнє середовище.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності.

Дисертація Циблієва Дениса Олександровича є завершеним самостійним дослідженням, що вирізняється високим рівнем теоретичної обґрунтованості та прикладної реалізації. Уперше запропоновано комплексний підхід до дослідження методів комп'ютерного аналізу спектрометричних сигналів на основі змодельованих даних з повністю відомими параметрами та програмної верифікації результатів, що дозволяє отримати об'єктивні метрики точності роботи методів комп'ютерної обробки. Структура роботи відзначається логічною послідовністю, починаючи з постановки наукових проблем і завершуючи повноцінною реалізацією моделей та методів у тестовому середовищі. У дисертації глибоко проаналізовано наявні підходи до визначення параметрів спектрометричних сигналів в комп'ютерних системах спектрального аналізу, розроблено нові методи та алгоритми інтелектуального аналізу масивів спектрометричних даних, вдосконалено моделі та алгоритми комп'ютерного моделювання оцифрованих сигналів і розроблено алгоритм програмної верифікації результатів роботи існуючих або нових методів комп'ютерного аналізу.

Висновки дисертаційної роботи ґрунтуються на широкому колі експериментів з використанням розробленого програмного засобу, а також наявністю актуальних публікацій — усього десяти, включно зі статтею у виданні, індексованому в базі Scopus. Таким чином, результати дослідження не лише підтверджують наукову новизну, а й свідчать про відповідність дисертації сучасним вимогам до робіт у сфері розробки комп'ютерних систем або

розподілених комп'ютерних систем інтелектуального аналізу оцифрованих сигналів та великих масивів даних.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи.

Слід звернути увагу на окремі аспекти, які могли б посилити аналітичну глибину й комплексність дисертаційного дослідження.

1. Було б актуальним дослідити також ефективність існуючих методів аналізу параметрів спектрометричних сигналів за допомогою штучних нейронних мереж та моделей на основі глибокого машинного навчання у порівнянні із запропонованими методами комп'ютерної обробки спектрометричних даних.

2. В підрозділі 2.4, де представлено алгоритм верифікації результатів роботи методів комп'ютерного аналізу було б доцільно додати блок схему або UML діаграму принципу роботи алгоритму, окрім представлення у вигляді псевдокоду з детальними поясненнями.

3. В підрозділі 4.2.2, який присвячений оцінці точності та швидкодії розробленого методу комп'ютерного аналізу на основі дискретних вейвлет-перетворень, окрім табличних даних варто було б додати отримані діаграми спектрів змодельованих та розпізнаних імпульсів для більш детального аналізу ступеня відхилення результуючих спектрів від ідеалізованих спектрів.

4. У перспективі доцільним виглядає розширення кількості досліджених існуючих методів спектрального аналізу у порівнянні з розробленими підходами для більш широкого порівняльного аналізу, зокрема шляхом програмної реалізації існуючих методів Сум (Sum) та Деконволюції (Deconvolution).

5. Необхідною видається і деталізація щодо використання ресурсів ПК (оперативної пам'яті, завантаження процесора, тощо) при комп'ютерній обробці великих масивів спектрометричних даних тим чи іншим методом.

Вищезазначені міркування мають рекомендаційний характер і не применшують наукової новизни чи значущості роботи. Навпаки, вони свідчать про потенціал теми до подальшого дослідження та практичного розширення в напрямі розробки інтелектуальних механізмів управління складними обчислювальними середовищами.

Загальні висновки до дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Циблієва Дениса Олександровича є цілісним і завершеним самостійним дослідженням, яке відповідає сучасним вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Дослідження вирізняється чіткою структурною організацією, методологічною обґрунтованістю та глибоким аналізом предметної області, що

дозволило досягти як теоретично значущих, так і практично важливих результатів. Представлені в дисертації методи комп'ютерного аналізу та алгоритми обробки оцифрованих спектрометричних даних мають інноваційний характер, а їх реалізація із залученням сучасних технологій програмування та IDE свідчить про високий ступінь практичної підготовки здобувача. Висновки дослідження логічно випливають із поставлених завдань і підтверджені результатами експериментального моделювання та комп'ютерного аналізу, апробації в наукових публікаціях, а також впровадження в освітній процес.

Тематика дисертації повністю відповідає спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки», а її зміст і результати – вимогам постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 року та наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 року (зі змінами). Дисертація виконана з дотриманням принципів академічної доброчесності, без порушень авторських прав, про що свідчить високий рівень оригінальності тексту.

З огляду на актуальність теми, наукову новизну, прикладну цінність отриманих результатів та рівень виконання, вважаю, що Циблієв Денис Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент: професор кафедри
кібербезпеки та DATA-технологій,
навчально наукового інституту №5
Харківського національного університету
внутрішніх справ, д.т.н. , професор

Олександр МОЖАЄВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 11:35:06 25.06.2026

Назва файлу з підписом: Відгук_1опонента_Можаєв_O_O.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 318.2 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Відгук_1опонента_Можаєв_O_O.pdf
Розмір файлу без підпису: 319.1 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: МОЖАЄВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

П.І.Б.: МОЖАЄВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 2112001011

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 11:35:05 25.06.2026

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000002CE73301D0B607

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.05.15 13:00

Голові разової спеціалізованої
вченої ради ID 14115
Харківського національного
університету ім. В.Н. Каразіна
професору Мірошник Марині Анатоліївні

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата фізико-математичних наук, старшого дослідника, завідувача
відділу фізики лептонів Інституту ядерних досліджень НАН України
Кобичева Владислава Валерійовича
на дисертацію Циблієва Дениса Олександровича
«Комп'ютерні методи розпізнавання, аналізу та
вимірювання параметрів спектрометричних сигналів»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
у галузі знань «12 Інформаційні технології»
за спеціальністю «122 Комп'ютерні науки»

1. Актуальність обраної теми дисертаційної роботи

Дисертація Д. О. Циблієва присвячена розробці методів комп'ютерного аналізу ядерно-спектрометричних сигналів, а також вдосконаленню математичних моделей і методів комп'ютерного моделювання таких сигналів. До 1960-х років класичні методи аналізу сигналів в ядерній спектрометрії базувалися на використанні аналогової електроніки. Завдяки активному розвитку цифрових технологій значного поширення набули комп'ютерні методи обробки даних та вимірювання спектрів. Комп'ютеризовані системи ядерної спектрометрії використовуються в багатьох життєво необхідних галузях, таких як ядерна енергетика, моніторинг і охорона навколишнього середовища, металургія, хімічна промисловість. Зазначені ядерно-спектрометричні системи є важливими і для наукових досліджень в області ядерної фізики, фізики елементарних частинок, багатьох інших наук (астрономії, геології, біології тощо).

Але слід відмітити, що на точність існуючих методів комп'ютерного аналізу ядерно-спектрометричних сигналів можуть негативно впливати електричні шуми, а також (особливо при високих рівнях завантаження детекторів) спотворення форми цифрового сигналу при накладенні імпульсів. Тому розробка та впровадження нових методів комп'ютерної обробки, які б надавали можливість в зазначених вище умовах покращити точність аналізу або універсальність застосування на різних наборах спектрометричних даних, є нагальною потребою. Також актуальним завданням є розробка програмної платформи, яка може здійснювати в комплексі комп'ютерне моделювання, аналіз та верифікацію параметрів ядерно-спектрометричних даних.

Саме на вирішення цих актуальних питань, як практичних, так і теоретичних, спрямована тема дисертаційної роботи Д. О. Циблієва.

2. Оцінка структури дисертації, її наукового рівня та обґрунтованості/достовірності положень, що в ній сформульовані

Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та одного додатку. Її загальний обсяг – 163 сторінки, у тому числі основний текст викладено на 130 сторінках. Робота проілюстрована 61 рисунком і містить 10 таблиць. Обсяг списку використаних джерел – 86 бібліографічних посилань. Оформлення дисертації в цілому відповідає діючим вимогам.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання дослідження, описано наукову новизну отриманих результатів і їх практичне значення, наведено інформацію щодо публікацій і апробації результатів.

У першому розділі дисертації здійснено огляд існуючих досліджень, присвячених методам комп'ютерного аналізу параметрів ядерно-спектрометричних даних. Детально описано ключові етапи комп'ютерної обробки таких даних, розглянуто базові методи аналізу, а також більш складні підходи з додатковою обробкою оцифрованого сигналу, зазначено їх переваги та недоліки. Також аргументовано необхідність застосування та вдосконалення методів комп'ютерного моделювання ядерно-спектрометричних сигналів. За результатами проведеного огляду сформульовані детальні завдання дослідження згідно поставленої мети.

У другому розділі представлено метод комп'ютерного аналізу спектрометричних даних під назвою «Відстеження», заснований на використанні швидких дискретних перетворень Фур'є та на алгоритмі розпізнавання імпульсів з корекцією амплітуд при їх накладанні. Крім цього, представлено новий метод аналізу ядерно-спектрометричних сигналів, особливостями якого є використання дискретних вейвлет-перетворень та адаптивного алгоритму BayesShrink для фільтрації сигналу від шуму. Далі описано розроблені математичні моделі та два різні алгоритми для комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів згідно заданого шаблону, які були реалізовані в ході дослідження, та розроблений автором дисертації алгоритм верифікації розпізнаних імпульсів.

У третьому розділі роботи обґрунтовано вибір мови програмування та інтегрованого середовища розробки (IDE) для реалізації розроблених методів аналізу та методів комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів. Описано розроблений програмний засіб, що реалізує можливість комп'ютерного моделювання цифрових образів сигналів з необхідними параметрами або завантаження реальних експериментальних даних, а також дозволяє комплексно оцінювати та візуалізовувати результати роботи методів комп'ютерної обробки спектрометричних сигналів. Автор представляє модель розподіленої комп'ютерної системи для отримання, передачі по мережі та комп'ютерного аналізу ядерно-спектрометричних даних.

У четвертому розділі проведено порівняльну оцінку точності та швидкодії роботи кількох існуючих та нових розроблених методів аналізу спектрометричних сигналів. Після перевірки на симульованих даних нові підходи показують, у порівнянні з існуючими підходами, досить високу точність розпізнавання при різних рівнях завантаження детектора.

Розроблені методи комп'ютерної обробки були також використані для аналізу спектрометричних даних, отриманих під час реальних експериментів з матеріалами джерелами випромінювання. Програмно побудовано амплітудні спектри досліджених зразків, які відповідають очікуваним спектрам, що підтверджує можливість впровадження та практичного застосування розроблених методів обробки даних в комп'ютерних системах ядерної спектрометрії.

У висновках сформульовані основні результати дисертаційного дослідження, які дозволяють оцінити внесок здобувача в подальший розвиток методів обробки/аналізу даних в комп'ютерних системах ядерної спектрометрії.

Додаток містить список публікацій здобувача за темою дисертації.

Зміст розділів дисертації та роботи в цілому відповідає сформульованій темі, меті та завданням дослідження та вичерпно розкриває його суть. У розділах та висновках наукові положення і результати обґрунтовані та підтверджені теоретичними та/або експериментальними даними. Мету дослідження досягнуто і всі поставлені завдання вирішено. Текст дисертації викладено українською фаховою мовою із дотриманням наукового стилю. В цілому, дисертаційну роботу виконано на належному науковому рівні, вона містить нові та практично значущі результати у галузі методики ядерної спектрометрії. Достовірність та обґрунтованість наукових положень підтверджується вдало поєднаними експериментальними та теоретичними дослідженнями із валідацією теоретичних результатів на основі експериментальних даних.

Актуальність та важливість напрямку досліджень дисертаційної роботи засвідчуються ще й тим, що їх частково виконано в рамках ініціативної науково-дослідної роботи МОН України «Концептуальні моделі, методи і технології створення адаптивних інформаційних систем на основі знання-орієнтованих підходів та засобів розробки програмного забезпечення» (номер державної реєстрації 0121U113328), яка проводилась в ННІ комп'ютерних наук і штучного інтелекту ХНУ ім. В. Н. Каразіна у 2022-2024 рр. та співвиконавцем якої був дисертант.

Результати дисертації пройшли апробацію на 4 українських та міжнародних конференціях та викладені у тезах доповідей цих конференцій. Крім того, дисертант зробив доповідь про результати роботи на присвяченому ній відкритому засіданні семінару відділу фізики лептонів ІЯД НАН України.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна роботи полягає у розв'язанні науково-прикладної задачі — розробки нових методів аналізу параметрів ядерно-спектрометричних сигналів з покращеною фільтрацією сигналу від шуму та додатковою обробкою імпульсів при суперпозиції з метою підвищення точності роботи комп'ютерних систем спектрального аналізу. Також важливими супутніми напрямками стали розробка моделей і методів комп'ютерного моделювання ядерно-спектрометричних сигналів та введення критеріїв верифікації результатів роботи методів комп'ютерної обробки даних.

Дисертантом отримано наступні нові результати:

1. Розроблено новий метод комп'ютерного аналізу параметрів ядерно-спектрометричних сигналів, особливістю якого є механізм фільтрації сигналу від електричних шумів на основі алгоритмів дискретних перетворень Фур'є та додаткова обробка імпульсів при їх взаємному накладанні, що в сукупності підвищує точність розпізнавання та вимірювання основних параметрів сигналів в комп'ютерних системах ядерної спектрометрії.

2. Розроблено новий метод комп'ютерного аналізу ядерно-спектрометричних даних, що відрізняється від існуючих механізмом фільтрації сигналу від шуму за допомогою дискретних вейвлет-перетворень та алгоритму BayesShrink для автоматичного визначення шумового порогу, а також алгоритмом аналізу рівня сигналу з обробкою накладених імпульсів. Це дозволило підвищити універсальність застосування методу та точність визначення спектрометричних параметрів.

3. Удосконалено математичні моделі та методи комп'ютерного моделювання ядерно-спектрометричних сигналів за рахунок реалізації моделювання згідно спеціальних шаблонів. Це дозволило генерувати образи ядерно-спектрометричних сигналів, що емулюють цифрові дані, записані під час реальних експериментів, або створювати штучні, ідеалізовані образи сигналів, що дало можливість створити вхідні дані для аналізу з повністю відомими параметрами та отримати метрики ефективності методів комп'ютерної обробки даних.

4. Покращено метод комп'ютерного моделювання спектрометричних сигналів за рахунок підвищення деталізації генерації образу сигналу та додавання коефіцієнту деталізації, що на порядок або більше перевищує частоту оцифрування. Це дозволило моделювати цифровий імпульсний сигнал, що є максимально наближеним до реальних сигналів та враховує можливість зміщення фаз імпульсів відносно точок дискретизації. Завдяки цьому стало можливим при визначенні амплітуд імпульсів простими методами аналізу виміряти максимальні величини похибок, що зумовлені саме дискретизацією аналогового сигналу.

Наукові результати дисертації відображені у 10 публікаціях, з яких 5 — у фахових виданнях України, 1 публікація у виданні, яке індексоване в базі SCOPUS (Q3).

4. Теоретичне та практичне значення отриманих результатів

У дисертаційній роботі здобувачем отримано низку теоретичних та прикладних результатів, які мають вагоме наукове і практичне значення.

Практичне значення отриманих здобувачем результатів полягає в тому, що розроблені методи комп'ютерного аналізу параметрів ядерно-спектрометричних сигналів з покращеною фільтрацією від шуму та обробкою накладення імпульсів можуть бути використані при розробці програмно-апаратних комплексів для ядерної спектрометрії.

Розроблений в ході дослідження програмне забезпечення дозволяє комплексно оцінити та візуалізувати результати роботи методів комп'ютерної обробки ядерно-спектрометричних сигналів, а також реалізує можливість комп'ютерного моделювання цифрових образів сигналів з необхідними параметрами або завантаження даних, що були записані під час реальних експериментів. Чіткі критерії точності розпізнавання параметрів імпульсів, які були введені в рамках дослідження, та механізм програмної верифікації дозволили більш об'єктивно оцінити і порівняти точність різних підходів спектрального аналізу. В подальшому функціональні можливості програмного засобу можуть бути розширені шляхом додавання підтримки більшого числа методів обробки даних, що дозволить краще дослідити ефективність як відомих, так і нових розроблених методів комп'ютерного аналізу ядерно-спектрометричних сигналів.

5. Повнота викладення наукових положень, висновків і результатів в опублікованих працях.

Основні наукові результати дисертаційного дослідження здобувача опубліковано в:

- 1 статті у науковому виданні, що на рік публікації (2024) було віднесене до третього квартилю (Scopus) за тематикою Computer Science Applications;
- 5 статтях у фахових виданнях України.

Усього за темою дисертації опубліковано 10 робіт, з яких 4 – апробаційного характеру. Усі публікації взаємопов'язані із метою та завданнями дисертаційної роботи та відображають її зміст. Висунуті здобувачем положення, висновки та результати є науково обґрунтованими на основі власних досліджень здобувача. Особистий внесок дисертанта є суттєвим, що відображено при виконанні дослідження та публікацій.

Наукові публікації здобувача за кількістю, якістю та повнотою відображення наукових результатів відповідають вимогам п. 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою № 44 Кабінету міністрів України від 12 січня 2022 р.

6. Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Важливо, що термін «спектрометричний» (зокрема в назві дисертації) є надто широким і не конкретизує віднесення роботи до галузі саме *ядерної* спектрометрії. Існують десятки розділів природничих наук, які займаються дослідженнями тих або інших спектрів (мас-спектрометрія, оптична спектрометрія, радіоспектрометрія, акустична спектрометрія, ...), але істотно відрізняються за методологією, технічною частиною та приладами. Дисертанту необхідно було обрати більш конкретну назву дисертаційної роботи.

2. Термін «спектральний аналіз» має загальноприйняте значення «сукупність фізичних методів для якісного та кількісного визначення хімічного складу речовини, заснованих на дослідженні її спектрів», тоді як у дисертації цей термін використовується для аналізу спектрометричних сигналів або аналізу спектрометричних даних, що може заплутати читача.

3. З термінологічної точки зору, невдалою є назва «метод Підбору» (мається на увазі апроксимація – fitting).

4. Я не знайшов у розділі 4 аналіз впливу шумів (які неминуче присутні у спектрометричному тракті) на ефективність роботи методів виділення сигналів. Здається важливим також аналіз впливу зворотного зсуву базової лінії в деяких конфігураціях аналогової частини спектрометричного тракту (наявність роздільного конденсатора або недостатня компенсація полюс-нуль у попередньому підсилювачі). Аналіз, що наданий у тексті, у певному сенсі відноситься до ідеального випадку, коли сигнали впливають одне на одне лише взаємним накладенням (пайл-ап).

5. Як пояснюється контрінтуїтивне зменшення часу роботи всіх методів (табл.4.4-4.6, 4.7-4.9) при збільшенні завантаження? Наприклад, вейвлет-метод обробляє 450 тис. імпульсів за 46 секунд при завантаженні 10^5 імп/с та за 3 секунди при завантаженні 10^7 імп/с.

6. Не досліджено, як впливає вибір методу аналізу на енергетичну роздільну здатність спектрів (наприклад, на спектрах 4.7, 4.8). Фактично це одна з основних характеристик, за допомогою якої можна кількісно оцінити якість запропонованих методів.

7. Незрозуміло, чому у роботі двічі повторюється список публікацій здобувача за темою дисертації (с.14-18 та додаток А).

8. У дисертації присутні описки, граматичні та стилістичні помилки. Некоректно вказано позначення одиниці KeV замість keV. Підписи на деяких малюнках виконані англійською мовою.

Зроблені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

7. Відповідність дисертації встановленим вимогам.

Подана до захисту дисертація відповідає вимогам щодо оформлення дисертацій, затверджених наказом № 40 МОН України від 12 січня 2017 р.; зокрема, витримано усі необхідні структурно-методологічні елементи; текст

викладено грамотною українською професійною мовою; дотримано наукового стилю представлення матеріалу.

На підставі вивчення дисертації та наукових праць Д. О. Циблієва, опублікованих за темою дисертації, мною зроблено висновок, що дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням здобувача. В дисертації та наукових праць здобувача дотримано вимоги щодо академічної доброчесності. Усі використані результати, матеріали та висновки інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

8. Загальний висновок.

У підсумку всього вищевикладеного, я вважаю, що дисертаційна робота Циблієва Дениса Олександровича «Комп'ютерні методи розпізнавання, аналізу та вимірювання параметрів спектрометричних сигналів» є цілісною та завершеною самостійно виконаною на високому рівні науковою працею, яка має наукову новизну, теоретичну і практичну значимість. За змістом та методичним викладенням матеріалу дисертація є належне структурованою, логічно зв'язаною та мотивованою, добре висвітлює методологію і логіку винесених на захист положень. Досягнуті результати характеризуються обґрунтованістю, достовірністю та практичною значимістю для ядерної спектрометрії; вони повністю опубліковані у наукових виданнях та пройшли апробацію на наукових конференціях і семінарах; сформульовані висновки засвідчують виконання поставленої мети та завдань дослідження. Дисертація відповідає вимогам «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 (редакція від 01.01.2024 р.), в цілому оформлена згідно з вимогами наказу МОН України від 12.01.2017 р. № 40 (із змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.). Автор дисертації безумовно заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент:

кандидат фізико-математичних наук,
старший дослідник,
завідувач відділу фізики лептонів
Інституту ядерних досліджень
Національної академії наук України



Владислав КОБИЧЕВ

04 липня 2026 р.

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 19:51:22 04.07.2026

Назва файлу з підписом: Відгук опонента (Кобичев В.В.) на дисертацію Циблієва Д.О.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 380.0 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Відгук опонента (Кобичев В.В.) на дисертацію Циблієва Д.О.pdf
Розмір файлу без підпису: 402.2 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: КОБИЧЕВ ВЛАДИСЛАВ ВАЛЕРІЙОВИЧ

П.І.Б.: КОБИЧЕВ ВЛАДИСЛАВ ВАЛЕРІЙОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 2450307290

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 19:51:23 04.07.2026

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000005BEDEB0099C09E06

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2026.05.15 13:00