

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Система обробки цифрового ультразвукового сигналу

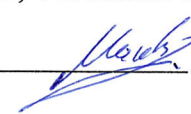
Виконав: студент 2-го курсу, гр. БМІ–23м
спеціальності 163 Біомедична інженерія

 Стрелецький О. О.

Керівник: к. т. н., доц., доцент каф. БМІОЕС

 Коваль Л. Г.

Опонент: к. т. н., ст. викл. каф. ІКСТ

 Макогон В. І.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМІОЕС

 к. т. н., доц. Коваль Л. Г.

«29» 11 2024 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних електронних систем

Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Галузь знань 16 Хімічна інженерія та біоінженерія

Спеціальність 163 Біомедична інженерія

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри БМІОЕС

 Л. Г. Коваль

« 18 » 09 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Стрелецькому Олександру Олександровичу

1. Тема роботи: Система обробки цифрового ультразвукового сигналу.

Керівник роботи: : Коваль Л. Г., Зав. каф. БМІОЕС, канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

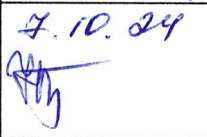
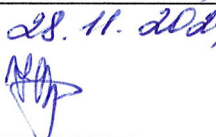
2. Строк подання студентом роботи «29» листопада 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: Основні характеристики ультразвукового сигналу: частота, амплітуда, тривалість імпульсу. Алгоритми обробки сигналу: фільтрація, нормалізація, деконволюція. Технічні характеристики обчислювальної системи: розрядність процесора, частота дискретизації, об'єм оперативної пам'яті. Очікувані навантаження на систему: обробка сигналів у реальному часі, робота з великим обсягом даних. Максимальні параметри сигналу: частота – до 10 МГц, амплітуда – до 1 В..

4. Зміст текстової частини: огляд аналітичної літератури; вирішення основної проблеми; економічна частина.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: розроблення системи розподілення хмарних обчислень, Інтегральна структура системи цифрової обробки сигналів, фільтрація цифрових сигналів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Коваль Л. Г. к. т. н., доц. каф. БМІОЕС	 18.09.2024	 29.11.2024
Економічна частина	Буреннікова Н. В. д. е. н., проф. каф. ЕПВМ	 7.10.24	 28.11.2024

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

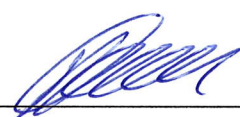
Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Прим.
Аналітичний огляд питання, постановка завдань роботи	до 04.10.2024	
Розроблення моделей і методик досягнення мети роботи	до 25.10.2024	
Розроблення системи	до 22.11.2024	
Розрахунок техніко-економічних показників	до 29.11.2024	
Оформлення текстової та графічної частини	до 29.11.2024	
Попередній захист МКР	29.11.2024	
Рецензування МКР	до 20.12.2024	
Захист МКР	23-25.12.2024	

Здобувач



Олександр СТРЕЛЕЦЬКИЙ

Керівник роботи



Леонід КОВАЛЬ

АНОТАЦІЯ

УДК 621.374

Стрелецький О.О. Система обробки цифрового ультразвукового сигналу: магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 163 Біомедична інженерія, освітньо-професійна програма «Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії». Вінниця : ВНТУ, 2021. 101 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 33 найм.; 31 рис.; 21 табл.

У роботі розглянуто проблеми, характерні для традиційної технології обробки цифрових сигналів у комп'ютерній інженерії, зокрема надлишковість даних, низька ефективність використання інформації тощо. Для вирішення цих проблем запропоновано нову технологію цифрової обробки сигналів, яка базується на розподілених хмарних обчисленнях.

Запропонована методологія охоплює всі етапи обробки цифрових сигналів: збір даних, їх аналіз, класифікацію, інтелектуальне опрацювання, а також ефективне зберігання інформації. Інтеграція методу розподілених хмарних обчислень та інтелектуальних алгоритмів відстеження даних дозволяє досягти високоефективної цифрової обробки сигналів.

Розроблена стратегія керування обчислювальними процесами забезпечує адаптивне регулювання збору, аналізу та зберігання даних. Це сприяє різноманітному та точному аналізу сигналів, підвищуючи обчислювальну ефективність і стабільність системи.

Експериментальні дослідження підтвердили переваги запропонованої технології, серед яких висока точність обробки, швидкість виконання операцій та стійкість до зовнішніх впливів. Запропонована система базується на використанні розподілених хмарних обчислень та алгоритмів інтелектуального відстеження градієнтів, що робить її перспективною для широкого застосування у сфері комп'ютерної інженерії.

ANNOTATION

UDK 621.374

Streletskyi O.O. Digital ultrasound signal processing system: master's qualification work in specialty 163 Biomedical Engineering, educational and professional program "Intelligent artificial implants and medical devices in bioengineering". Vinnytsia: VNTU, 2021. 101 p.

In Ukrainian. Bibliography: 33 citations; 31 figures; 21 tables.

The paper considers problems characteristic of traditional digital signal processing technology in computer engineering, in particular data redundancy, low efficiency of information use, etc. To solve these problems, a new digital signal processing technology based on distributed cloud computing is proposed.

The proposed methodology covers all stages of digital signal processing: data collection, analysis, classification, intelligent processing, as well as effective information storage. The integration of the distributed cloud computing method and intelligent data tracking algorithms allows achieving highly efficient digital signal processing.

The developed strategy for controlling computational processes provides adaptive regulation of data collection, analysis and storage. This contributes to diverse and accurate signal analysis, increasing the computational efficiency and stability of the system.

Experimental studies have confirmed the advantages of the proposed technology, including high processing accuracy, speed of operations and resistance to external influences. The proposed system is based on the use of distributed cloud computing and intelligent gradient tracking algorithms, which makes it promising for wide application in the field of computer engineering.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК	СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП		8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ		11
1.1 Аналіз стану цифрової обробки інформації у комп'ютерній інженерії		11
1.2 Основа застосування розподілених хмарних обчислень у цифровій обробці сигналів		13
1.3 Існуючі цифрові сигнали		15
2 МЕТОДИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ РОЗПОДІЛЕНИХ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ		19
2.1 Побудова архітектури системи цифрової обробки сигналів		19
2.2 Робочий процес цифрової обробки сигналів		21
2.3 Етапи впровадження методу ефективного аналізу інформації та хмарної обробки цифрових сигналів		26
2.4 Методології моделювання сигналів		31
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ		37
3.1 Опис експериментальної частини дослідження		37
3.2 Експериментальні результати та аналіз системи цифрової обробки сигналів		39
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....		27
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....		27
4.2 Оцінювання рівня новизни розробки.....		28
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....		33
4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.....		33
4.5 Висновки до розділу.....		33

ВИСНОВКИ	42
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	44

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ІТ – інформаційні технології

ПЗ – програмне забезпечення

ПК – персональний комп'ютер

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ЦП – центральний процесор

ЧПУ – числове програмне керування

API – інтерфейс програмування додатків (англ., Application Programming Interface)

AWS – Amazon Web Services

CPU – центральний процесор (англ., Central Processing Unit)

DSP – процесор цифрових сигналів (англ., Digital Signal Processor)

HAN – домашня мережа (англ., Home Area Network)

IaaS – інфраструктура як послуга (англ., Infrastructure as a Service)

IoT – інтернет речей (англ., Internet of Things)

HTTP – протокол передачі гіпертексту (англ., HyperText Transfer Protocol)

NFV – віртуалізація функцій мережі (англ., Network Function Virtualization)

PaaS – платформа як послуга (англ., Platform as a Service)

PID – пропорціонально-інтегрально-диференціальний регулятор (англ., Proportional Integral Derivative)

PSO – метод рою часток (англ., Particle Swarm Optimization)

SaaS – програмне забезпечення як послуга (англ., Software as a Service)

ВСТУП

Актуальність. У сучасній діагностичній медицині ультразвукові технології займають одне з провідних місць завдяки своїй безпечності, неінвазивності та високій точності. Ефективність ультразвукової діагностики значною мірою залежить від якості обробки сигналів, що дозволяє покращити чіткість зображення, зменшити рівень шуму та забезпечити точну інтерпретацію даних.

Розвиток систем цифрової обробки сигналів відкриває нові можливості для покращення візуалізації та аналізу внутрішніх органів, що особливо важливо для своєчасного виявлення патологій. Використання сучасних алгоритмів обробки дозволяє підвищити роздільну здатність зображень, автоматизувати аналіз даних та значно зменшити час діагностики. Дослідження у цій сфері є важливими для розробки більш точних методів аналізу сигналів, створення апаратного та програмного забезпечення для ультразвукових систем, а також покращення точності медичних висновків.

Об'єкт дослідження: система цифрової обробки ультразвукового сигналу, яка використовується для підвищення точності діагностичних зображень.

Предмет дослідження: методи та алгоритми обробки цифрового ультразвукового сигналу, що включають фільтрацію, нормалізацію, стиснення та аналіз спектральних характеристик.

Мета роботи: розробка моделі обробки цифрових ультразвукових сигналів, що забезпечує покращення якості зображення та ефективності діагностики.

Завдання:

- Вивчення характеристик ультразвукових сигналів, які впливають на їх обробку.
- Розробка алгоритмів фільтрації, нормалізації та спектрального аналізу сигналів.

- Моделювання обробки ультразвукового сигналу з використанням програмного забезпечення MATLAB.

- Аналіз впливу методів обробки на якість отриманих зображень.

Методи:

- Аналіз спектральних та часових характеристик ультразвукових сигналів.

- Розробка алгоритмів цифрової обробки сигналів.

- Використання програмного забезпечення для моделювання та аналізу обробки.

- Експериментальна перевірка ефективності запропонованих алгоритмів.

Новизна: полягає у розробці нових підходів до обробки ультразвукових сигналів, що дозволяють підвищити точність діагностики та автоматизацію аналізу. Запропоновані алгоритми фільтрації та спектрального аналізу забезпечують ефективне зниження шумів та покращення якості зображень.

Актуальність: визначається необхідністю вдосконалення методів обробки ультразвукових сигналів для підвищення точності та швидкості медичної діагностики. Результати роботи можуть бути впроваджені у сучасні ультразвукові системи для розширення їх можливостей та зменшення кількості помилкових діагнозів.

1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз стану цифрової обробки інформації у комп'ютерній інженерії

Сучасні методи цифрової обробки сигналів (ЦОС) в комп'ютерній інженерії стикаються з низкою викликів, пов'язаних із обробкою великих обсягів даних. У роботі [4] акцентується увага на інноваціях у цій галузі, зокрема на необхідності підвищення ефективності отримання, збору та аналізу інформації за допомогою диференційованих методів ЦОС. Основна проблема полягає у високій надлишковості даних, що ускладнює процес їх обробки [5].

З точки зору теорії обробки інформації, в роботі пропонується розвиток мережеских груп хмарних баз даних, вдосконалення станцій збору даних, а також інтеграція розподілених хмарних обчислень для покращення управління інформаційними потоками [6]. При цьому традиційні системи ЦОС все ще покладаються на застарілі підходи, ігноруючи інтелектуальні алгоритми, що можуть суттєво покращити продуктивність [7].

Згідно з [8], використання сучасних технологій дозволяє підвищити точність контролю та ефективність обміну даними. Особливу увагу варто приділити впровадженню інтелектуальних систем, які поєднують традиційні методи збору, зберігання та аналізу цифрових сигналів.

Нові підходи та технології

Робота [9] демонструє приклад вдосконалення системи ЦОС шляхом інтеграції алгоритму рою частинок (Particle Swarm Optimization) у традиційні системи енергетики. Це забезпечило оптимізацію керування виробництвом електроенергії та підвищення ефективності обробки даних.

У дослідженні [10] використано хмарні обчислення для вдосконалення обробки цифрових сигналів у галузі електронної інформації. Проектні експерименти підтвердили, що нові алгоритми дозволяють досягти вищої продуктивності порівняно зі звичайними підходами. Також запропоновано

ієрархічний метод обчислення для вирішення проблем невідповідності між векторами інформації в різних процесах збору даних [11].

Дослідження [12] зосереджується на створенні гіперхаотичної системи обробки сигналів, що покращує стабільність і безпеку збору та зберігання даних у великих обсягах. Хмарні обчислення в цьому контексті демонструють переваги у швидкості обробки сигналів і стабільності результатів.

Проблеми традиційних методів обробки

Експериментальні дослідження [13] виявили, що звичайні методи обробки сигналів у галузі електронної інформації мають значні недоліки, зокрема високу похибку та нестабільність. Для вирішення цих проблем запропоновано метод обробки сигналів на основі повної варіації, що забезпечує вищу точність та швидкість обробки [14].

Попри досягнення в дослідженні технологій ЦОС, традиційні підходи мають обмеження у використанні інтелектуальних алгоритмів та хмарних обчислень. Багато існуючих систем не включають інтегровані моделі для збору та зберігання великих даних, що обмежує їхню ефективність у практичному застосуванні [15].

Актуальність подальших досліджень

Необхідність у розробці нових підходів до обробки цифрових сигналів на основі розподілених хмарних обчислень є очевидною. Це дозволить не лише підвищити точність обчислень, а й створити інтегровані системи збору даних, які забезпечують швидку обробку великих обсягів інформації [16]. Робота в цьому напрямку допоможе вирішити проблеми, пов'язані з оптимізацією використання баз даних та покращенням процесу взаємодії з цифровими сигналами [17].

1.2 Основа застосування розподілених хмарних обчислень у цифровій обробці сигналів

Хмарні обчислення є сучасним проривом в інформаційну епоху після винаходу Інтернету та персонального комп'ютера. Це революційний крок, який пропонує принципово нові можливості для обробки та аналізу даних. Вони мають високу масштабованість і гнучкість, задовольняючи потреби користувачів у технологіях обробки інформації та ресурсах [18, 19].

Основу хмарних обчислень складає координація багатьох комп'ютерних ресурсів, які працюють як єдина система. Це дозволяє користувачам отримувати доступ до практично необмежених ресурсів через мережу, незалежно від часу чи місця [20]. Особливість розподілених хмарних обчислень полягає в їхній здатності оптимально керувати розподіленими ресурсами та процесами. Традиційний підхід до розподілених хмарних обчислень проілюстровано на рисунку 1.1.

Переваги хмарних обчислень

Хмарні обчислення демонструють значний потенціал у багатьох технічних галузях, таких як:

- традиційне промислове виробництво;
- електронна інформаційна інженерія;
- автоматизовані системи керування;
- контроль Інтернету речей;
- аналіз даних трафіку;
- обробка зображень;
- точне управління аерокосмічним обладнанням.

У всіх цих областях хмарні обчислення дозволяють забезпечувати швидку та ефективну обробку великих масивів даних, що раніше було важко реалізувати за допомогою традиційних підходів [21].

Роль у цифровій обробці сигналів

Сучасні хмарні обчислення широко використовуються в інтернет-орієнтованій індустрії, що пов'язана з цифровою обробкою сигналів. У багатокористувацьких системах, які обробляють масиви даних, більшість компаній інтегрують технології розподілених хмарних обчислень. Основна мета

цієї технології — створення ефективних алгоритмів для вирішення задач великих обсягів даних та оптимізація використання ресурсів для зберігання і обробки інформації [22].

Застосування в аналізі великих даних

Застосування розподілених хмарних обчислень у цифровій обробці сигналів охоплює:

- інтеграцію методів комбінаторики;
- розподілені алгоритми;
- використання лінійного програмування;
- реалізацію стратегії «точка-точка».

Ця технологія забезпечує безперервний ланцюг обробки — від збору даних до їх аналізу та вирішення задач. У галузі електронної інформаційної інженерії вона має очевидні переваги, забезпечуючи високу швидкість обробки, ефективне зберігання та аналіз функцій сигналів [23].

Таким чином, використання розподілених хмарних обчислень не лише прискорює обробку цифрових сигналів, але й підвищує загальну ефективність і продуктивність обчислювальних систем.

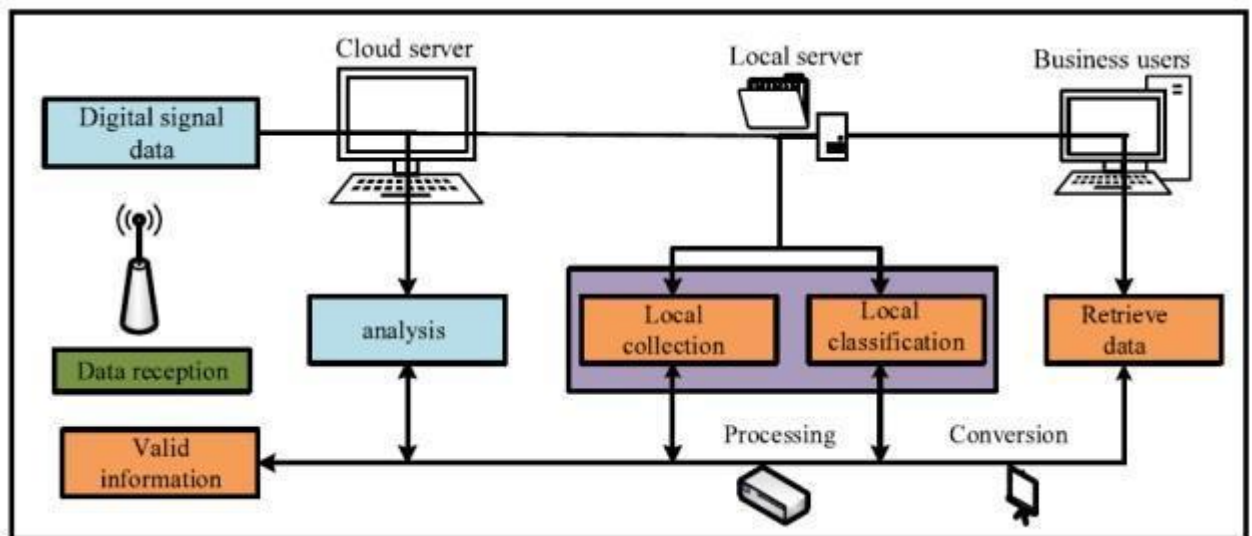


Рисунок 1.1 – Традиційний підхід до розподілених хмарних обчислень

1.3 Існуючі цифрові сигнали

Цифрова обробка сигналів (DSP) є основою для багатьох сучасних систем, які обробляють сигнали різного типу. Існуючі методи обробки сигналів включають як аналогові, так і цифрові підходи, а також спеціалізовані алгоритми для розв'язання складних технічних завдань.

Аналогова обробка сигналів

Аналогова обробка сигналів використовується для роботи з сигналами, які ще не були оцифровані. Це стосується таких пристроїв, як радіоприймачі, телефони, радары та телевізійні системи. Аналогова обробка включає лінійні схеми, такі як пасивні фільтри, інтегральні уловлювачі та лінії перетворювачів, а також нелінійні схеми, які включають осцилятори, керовані напругою, та фазові автозамки [10].

Цифрова обробка сигналів (DSP)

Цифрова обробка сигналів базується на цифрових системах та спеціалізованих DSP-процесорах. Вона охоплює лінійні та нелінійні операції обробки сигналів, які можуть виконуватися у часовій, частотній чи просторово-часовій областях. Нелінійна обробка особливо важлива для аналізу систем, які демонструють складну поведінку, таку як гармоніки чи хаотичні процеси [13].

Обробка сигналів у безперервному часі

Цей підхід обробляє сигнали, які змінюються з безперервними змінами амплітуди. Такі методи використовуються для моделювання неперервних систем з постійним часом, агрегування реакцій систем та фільтрації сигналів у реальному часі. Ця технологія знаходить застосування у моделюванні та оптимізації динамічних систем [11].

Дискретна обробка сигналів

Дискретна обробка сигналів фокусується на аналізі сигналів у вибрані моменти часу. Вона включає концепції математичного аналізу сигналів у дискретному часі, які забезпечують основу для розробки цифрових систем, навіть у випадках наявності похибок квантування [12].

Застосування DSP у різних галузях

Методи цифрової обробки сигналів знаходять застосування у багатьох сферах, включаючи:

- Системи зв'язку та розпізнавання мовлення: Використовуються для усунення шуму, розпізнавання мовлення та перекладу між мовами, що покращує продуктивність у соціальних мережах та інформаційних системах [30, 31].
- Радіолокаційні системи (РЛС): Технології DSP використовуються для підвищення точності виявлення об'єктів, аналізу радіолокаційних сигналів і оптимізації процесів обробки радарних даних [32, 33].
- Ультразвукові системи: Використовуються для аналізу витрат газу, вимірювання в'язкості рідин та інших інженерних процесів [38, 39].
- Аналіз технічного стану обладнання: DSP застосовується для моніторингу стану машин, виявлення несправностей двигунів, покращення ефективності роботи компресорів та зменшення витрат на технічне обслуговування [43, 45].
- Системи управління та машинного навчання: Застосовуються для обробки GPS-даних, оптимізації ЧПУ та підвищення ефективності виробничих процесів [40, 42].

Сучасні виклики та перспективи

Попри великий спектр застосувань, існують певні виклики у реалізації систем DSP, зокрема:

- Усунення шумів та оптимізація методів фільтрації сигналів.
- Інтеграція систем DSP із технологіями машинного навчання для покращення адаптивності алгоритмів.
- Розробка нових методів аналізу сигналів для підвищення точності в медичних і промислових системах.

Висновки

Цифрова обробка сигналів є важливим інструментом для вирішення завдань у сучасних технологічних і наукових галузях. Інноваційні методи DSP у

поєднанні з сучасними алгоритмами та хмарними обчисленнями забезпечують нові можливості для аналізу та оптимізації складних систем.

2 МЕТОДИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

2.1 Побудова архітектури системи цифрової обробки сигналів

Розробка системи цифрової обробки сигналів на основі розподілених хмарних обчислень передбачає використання методів локальної адаптації для підвищення ефективності обробки даних. Обрані параметри спрямовані на оптимізацію зберігання та обробки масивних даних і включають високий ступінь інтелектуалізації системи.

Основні етапи побудови системи

1. Локальна адаптація та регулювання:
 - Визначення локальних відмінностей між динамічними цифровими сигналами.
 - Застосування алгоритму PID-регулювання для досягнення зворотного зв'язку та інтелектуального управління.
 - Регулювання виконується на основі аналізу векторів і матриць даних, що забезпечує гнучке налаштування системи.
2. Обробка даних:
 - Після первинного регулювання виконується інтелектуальний аналіз даних із використанням розподілених хмарних обчислень.
 - Для кожного набору даних (наприклад, 34 групи даних) здійснюється класифікація, усунення надлишкових даних та виділення ознак.
 - Процес обробки передбачає ієрархічний поділ даних і точне управління.

На рисунку 2.1 показано загальний процес обробки даних у хмарній системі.

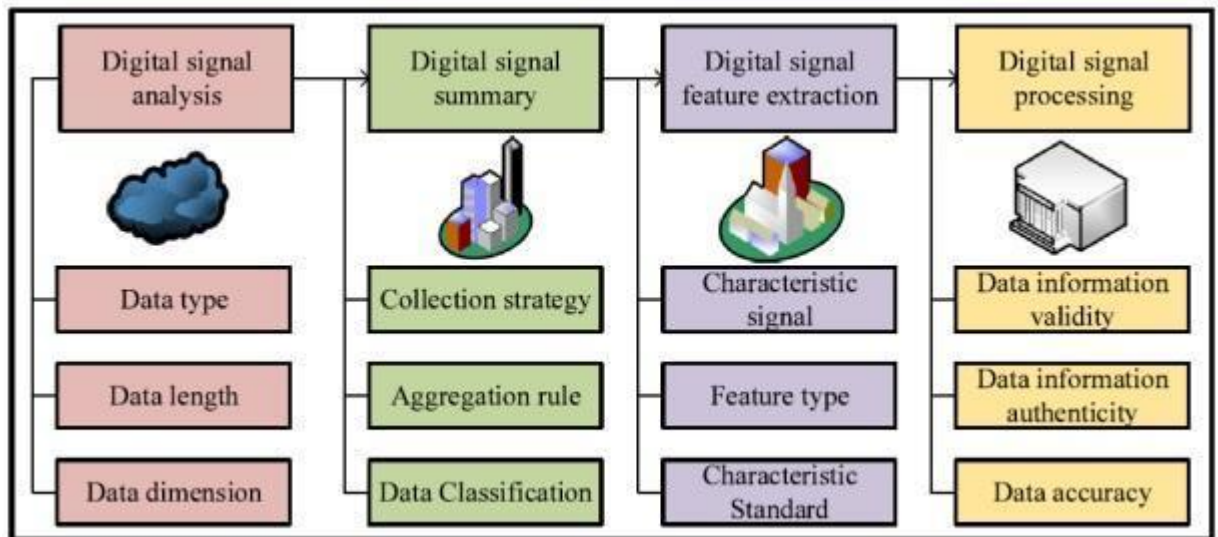


Рисунок 2.1 – Процес обробки даних у розподілених хмарних обчисленнях

3. Інтегральна обробка та зберігання даних:

- Після класифікації дані автоматично обробляються, включаючи видалення надлишкової інформації, вилучення корисних даних і класифікацію за ступенем подібності.
- У разі некоректного зберігання даних (наприклад, збереження недійсної інформації) система автоматично виконує корекцію за допомогою PID-регулювання.
- Результат включає реалізацію ефективного збору даних, їх аналізу, класифікації та спільної обробки в розподіленій системі.

4. Ефективність роботи системи:

- Система охоплює всі етапи — від збору до аналізу та зберігання даних.
- Інтелектуальні алгоритми підвищують точність обробки, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів та збільшення швидкості обробки цифрових сигналів.
- Архітектура інтегрує інтелектуальне управління в усі етапи обробки даних.

Інтегральна структура системи

На рисунку 2.2 представлена загальна інтегральна структура системи цифрової обробки сигналів із використанням розподілених хмарних обчислень.

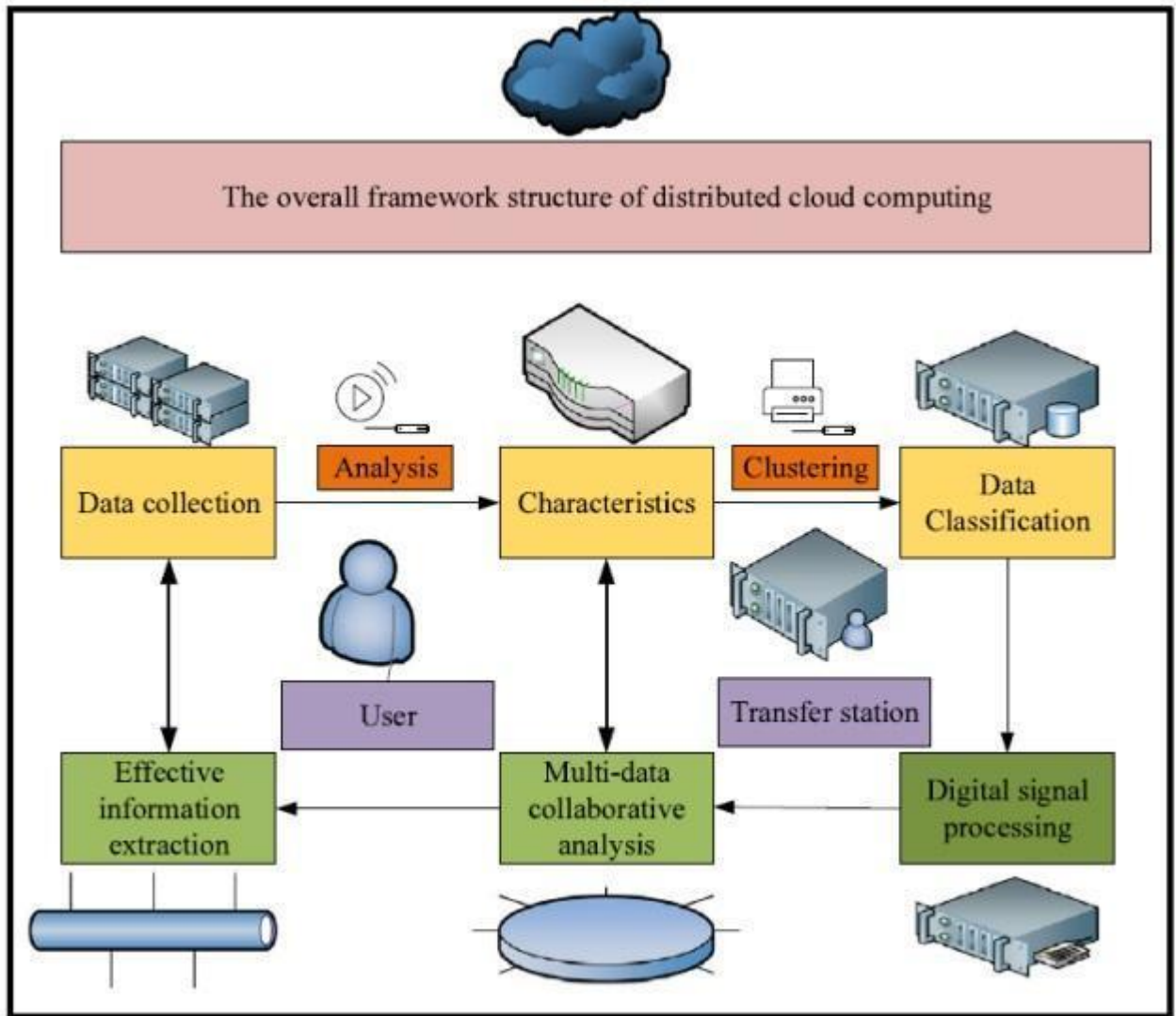


Рисунок 2.2 – Інтегральна структура системи цифрової обробки сигналів

Висновки

Застосування розподілених хмарних обчислень у системах цифрової обробки сигналів забезпечує:

- Інтеграцію зворотного зв'язку та регулювання для точного управління даними.

- Ефективне усунення надлишкових даних і виділення ключових ознак.
- Автоматизацію процесу класифікації та аналізу інформації.
- Підвищення продуктивності завдяки інтелектуальним алгоритмам і високому ступеню масштабованості системи.

2.2 Робочий процес цифрової обробки сигналів

Цифрова обробка сигналів у розподілених хмарних обчисленнях передбачає використання трьох основних типів хмарних сервісів: інфраструктура як послуга (IaaS), платформа як послуга (PaaS) та програмне забезпечення як послуга (SaaS) [23]. Ці послуги створюють стек хмарних обчислень, який дозволяє підприємствам обирати відповідні рішення для управління цифровими сигналами, включаючи аналіз стану системи, припинення операцій чи адаптацію до специфічних бізнес-потреб.

Основні етапи процесу обробки

Перший етап: вирішення проблеми повільного відгуку системи

На початку аналізу великих даних у звичайних системах виявлено, що відхилення динамічного каналу управління може призводити до затримок у зборі та зберіганні даних. У розподілених хмарних обчисленнях для розв'язання цієї проблеми застосовується алгоритм керування на основі вейвлет-нейронних мереж. Це дозволяє покращити відгук системи через ієрархічне регулювання з використанням замкнутого циклу. У результаті вдалося зменшити затримки у збиранні та зберіганні сигналів.

Другий етап: підвищення ефективності запиту та обробки даних

Щоб вирішити проблему низької ефективності взаємодії з масивними даними, використовується комбінація алгоритму оптимізації рою частинок та моделювання нейронної мережі. Завдяки цій інтеграції вдалося значно

покращити швидкість обробки сигналів і знизити складність обчислювальних процесів у хмарних системах. Ефективність розробленого підходу підтверджена моделюванням, яке показало значне покращення продуктивності при аналізі великих обсягів даних.

Третій етап: класифікація та стабілізація даних

У процесі аналізу даних система класифікує невідому інформацію, розподіляючи її між різними кластерами залежно від характеристик даних. Коли значення ознак між двома групами даних істотно відрізняються, застосовується стратегія PID-регулювання для автоматичної класифікації та стабілізації даних. Результати моделювання цього процесу наведено на рисунку 2.3.

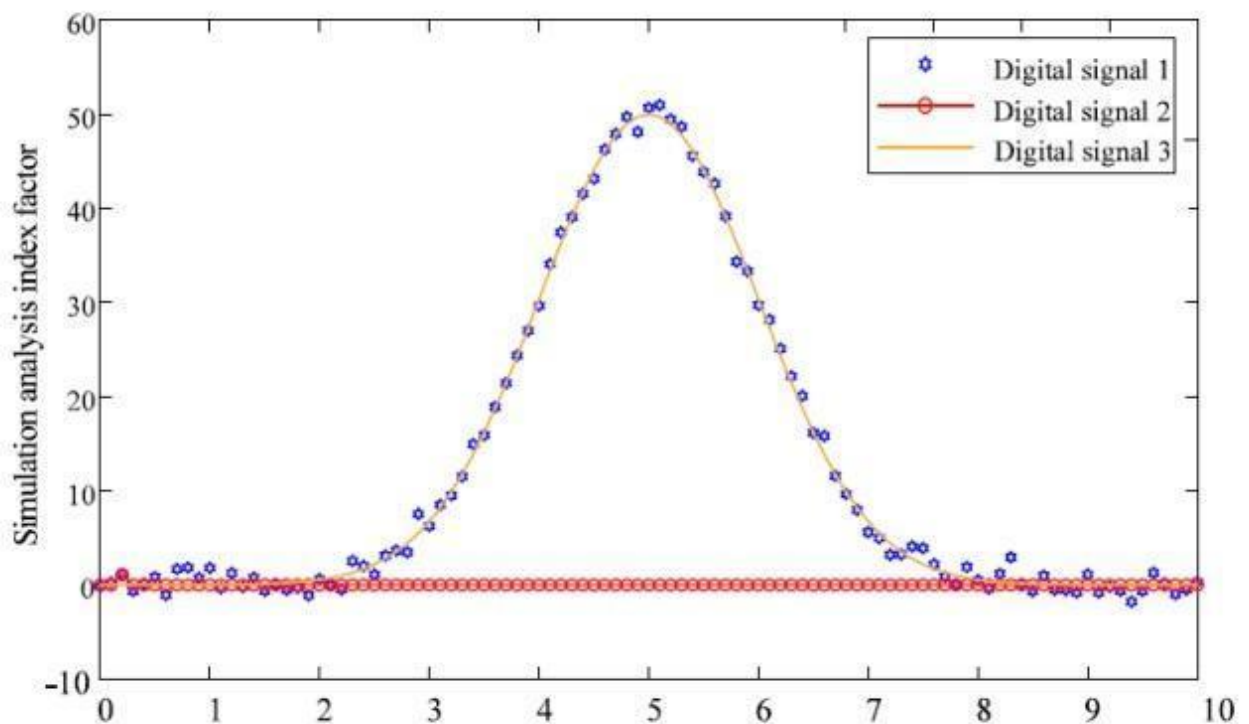


Рисунок 2.3 – Результати аналізу моделювання

Як показано на рисунку 2.3, у трьох наборах даних, описаних вище, із збільшенням кількості аналізів даних відповідні фактори аналізу змінюють свої закономірності по-різному. Два з цих наборів демонструють поступове зростання, яке змінюється поступовим спадом до нуля. Таким чином, тенденція до зростання і спадання мають схожу динаміку.

Це пояснюється тим, що для різних типів даних, коли характеристики будь-яких двох кластерів значно відрізняються, використовується стратегія PID. У цьому випадку відповідна операція з даними повертає інформацію про процес отримання сигналів. Оскільки час отримання сигналів різний, то й кількісні значення, які відповідають факторам аналізу, також будуть відрізнятися.

При використанні розподілених хмарних обчислень для аналізу стану масивних наборів даних вибір вектора обмежується його розміром. Стандартна стратегія обчислюється за формулою:

$$y_{n+1} = y_n + f(x, y) h$$

де y – вектор, $f(x, y)$ – дискримінантна функція, h – параметр, що відповідає умові $1 + h \lambda < 1$. Це гарантує стабільність параметра y .

Застосовуючи дані рівняння, можна перетворити його до вигляду:

$$dy/dx = -(y + x^2) / (2x + 1).$$

Для забезпечення абсолютної стійкості параметра h , його значення має бути малим і задовольняти умові $h < 1/100$.

У випадку нелінійних диференціальних рівнянь із початковими умовами стабільність забезпечується, якщо виконуються умови:

$$dy/dx < 0, h < 2/M,$$

де $M = \max|dy/dx|$.

У процесі обробки великих даних для різних типів сигналів використовуються локальні й нелокальні тести, а також двофазний метод розрахунку, який враховує варіацію характеристик даних. Формула для генерації випадкових параметрів виглядає так:

$$x_{ij}^{(G+1)} = \{ x_{ij} + \text{rand}(0,1)(x_{uj} - x_{lj}), \text{ якщо } \text{rand}(0,1) < CR \\ \text{або } j = j_{\text{rand}}, x_{ij}^{(G)}, \text{ інакше.} \}$$

Як видно з рисунку 2.4, у трьох основних наборах даних спостерігається поступове зростання кількісних показників сигналів у процесі збільшення обсягу аналізу, але динаміка змін різних груп даних залишається унікальною для кожного типу сигналу.

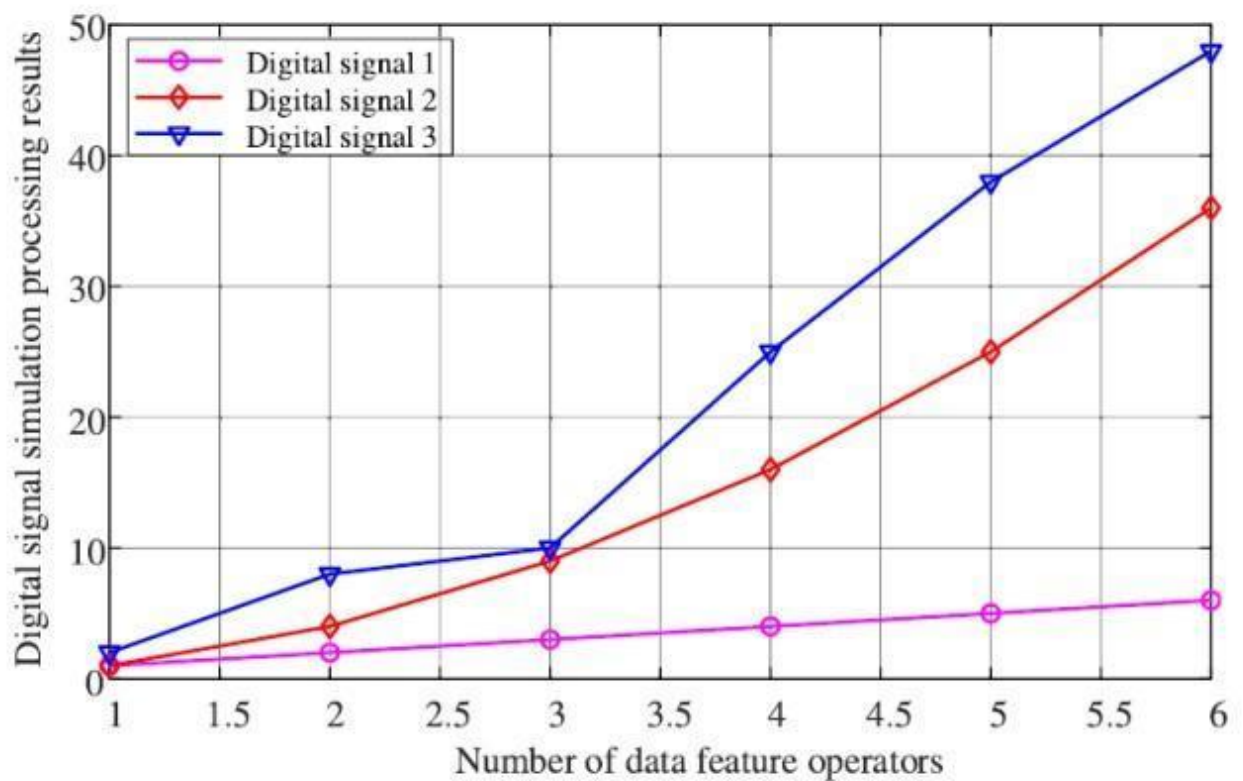


Рисунок 2.4 – Загальні результати розрахункового моделювання

Висновки

Розподілені хмарні обчислення у цифровій обробці сигналів дозволяють:

- Автоматизувати класифікацію та обробку даних.
- Підвищити ефективність взаємодії з масивними даними.
- Забезпечити стабільність і точність результатів навіть при складних обчислювальних процесах.

- Усунути надлишкові дані та зберегти ключову інформацію для подальшого аналізу.

2.3 Етапи впровадження методу ефективного аналізу інформації та хмарної обробки цифрових сигналів

У цьому підрозділі для більш точної оцінки ефективності та здійсненності методу обробки цифрового сигналу, запропонованого на основі розподілених хмарних обчислень, зроблено припущення щодо умов застосування даної моделі обробки сигналів.

Метою є кількісна характеристика методом зворотного зв'язку та аналіз помилок, що дозволить забезпечити високоефективну й інтелектуальну адаптивну обробку цифрових сигналів з урахуванням висунутих припущень. У цьому дослідженні передбачається, що обсяг усієї зібраної електронної інформації є однаковим (максимальний розмір не перевищує 10 одиниць), а вибрані критерії оцінки відповідають основним стандартам дослідження, зокрема аналізу помилок, швидкості обробки та часу виконання.

На першому етапі визначається ефективна стратегія збору інформації. У рамках аналізу та обробки цифрових сигналів із використанням розподілених хмарних обчислень застосовується підхід, що базується на розрідженій обробці для різних джерел даних. Для цього використовується випадкова матриця Гауса, яка управляє інформацією, представленою обмеженим набором даних із кожного джерела, забезпечуючи функцію вилучення релевантної інформації.

Після цього оброблені дані зберігаються у компактній матриці, значно меншій за обсягом порівняно з вихідними даними. Векторні дані, отримані з матриці, проходять ітеративну обробку. Як основний критерій використовується вектор, що відповідає правилам збору даних у стаціонарному стані. Найменший вектор, який відображає репрезентативність даних і характеристики матриці,

обирається для вторинного контрольного оцінювання. Для даних із високою подібністю типів цей вектор може бути перетворений на відповідний числовий рівень, що дозволяє зробити остаточне судження напрому.

Таким чином, час, необхідний для збору даних із різних джерел, значно скорочується, що суттєво підвищує ефективність вилучення інформації з цифрових сигналів. Результати моделювання для цього процесу наведено на рисунку 2.5.

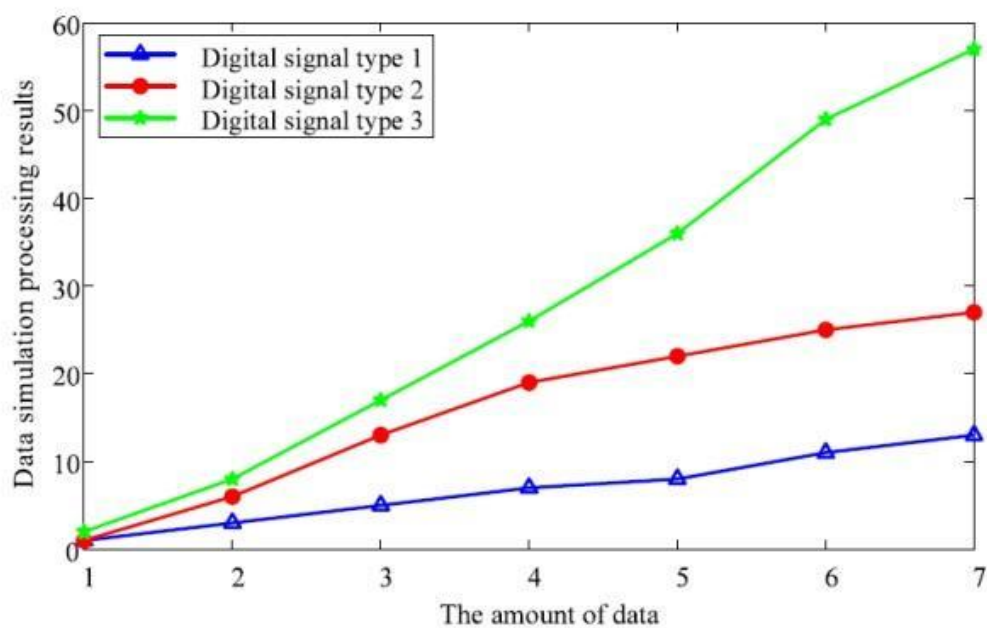


Рисунок 2.5 – Результати моделювання дійсних даних та інформації в цифрових сигналах

Ефективні дані в цифровому сигналі проходять класифікацію. У процесі класифікації різних даних для визначення найкращої схеми обробки в межах розподіленого хмарного обчислювального середовища використовуються дані різних типів цифрових сигналів для їх трансформації.

Оптимальний індекс значення в цьому процесі дозволяє класифікувати та оцінювати ефективність класифікації, а також рівень помилок у контролі збору й зберігання даних. Далі виконується додаткова операція над вектором ознак основної бази даних. Ця операція реалізується модулем автоматичної

класифікації, який є частиною системи обробки цифрових сигналів через розподілену хмару, що забезпечує третій рівень контролю зворотного зв'язку.

Після цього відбувається процес оновлення конфіденційної інформації даних, що гарантує точність класифікації під час обробки даних у робочому процесі системи цифрової обробки сигналів із використанням методу розподілених хмарних обчислень. Результати аналізу та обробки представлені на рисунку 2.6.

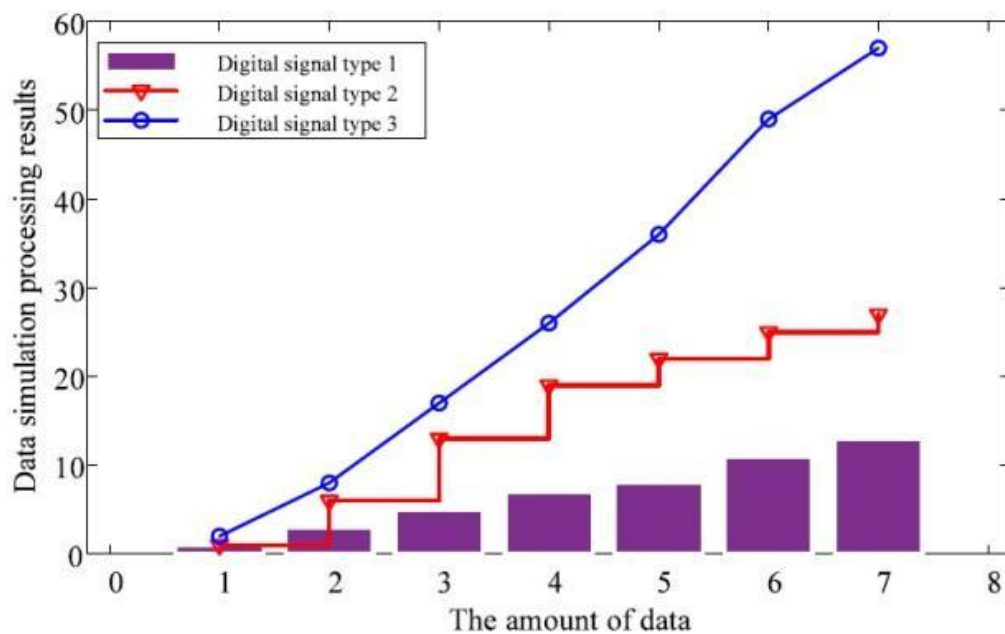


Рисунок 2.6 – Результати моделювання аналізу точної класифікаційної Обробки

Як видно з рисунку 2.6, зі збільшенням кількості симуляцій усі три набори даних демонструють однакову закономірність змін — поступове зростання, що відповідає лінійній функції.

На третьому етапі ефективні дані зберігаються в хмарі. У цій цифровій системі обробки сигналів, коли технологія розподілених хмарних обчислень стикається з різноманітними даними, спочатку обробляється найближче джерело даних. Після їх збереження в хмарному сховищі технологія розподілених хмарних обчислень починає виконувати обчислення під час зберігання. У

процесі зберігання даних система обробки цифрових сигналів виконує свої функції незалежно від інших процесів.

Функції збору та зберігання даних діють відносно незалежно. При багаторазовому повторенні циклу система цифрової обробки сигналів за допомогою PID-регулювання створює оптимальну схему зберігання, що враховує стан контролю всіх даних, і автоматично виконує збереження відповідно до цієї схеми.

Головною особливістю та перевагою системи цифрової обробки сигналів, що базується на алгоритмі розподілених хмарних обчислень, є те, що низька кореляція між даними не впливає на загальну ефективність системи навіть при обробці великих обсягів даних із різних джерел. Дані залишаються доступними для аналізу завдяки ефективному підходу до роботи з цифровими сигналами.

Локальна незалежність збору та зберігання даних сприяє оптимальній продуктивності та максимізує використання апаратних ресурсів, таких як CPU і GPU. Процеси керуються вторинним перехресним контролем залежно від зовнішніх характеристик (наприклад, типу даних, векторів ознак або довжини даних). Це дозволяє поступово формувати центральну схему збору для кожної групи даних, а також використовувати цю схему для управління іншими групами. Таким чином забезпечується ефективний збір різнорідних даних.

Результати моделювання для цього процесу представлені на рисунку 2.7.

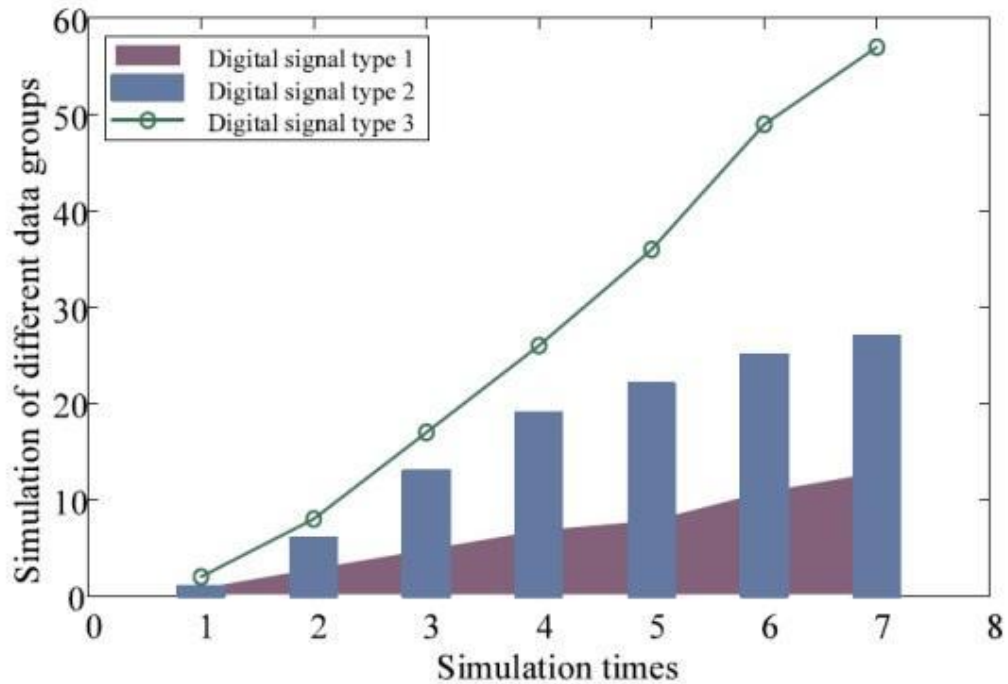


Рисунок 2.7 – Результати моделювання для різних груп даних

Як показано на рисунку 2.7, зі збільшенням кількості симуляцій усі три набори даних демонструють однакову тенденцію змін — поступове зростання, що відповідає закономірності лінійної функції. Це підтверджує теоретичну основу дослідження, а також доводить достовірність результатів моделювання на основі експериментальних даних, оскільки похибки залишаються в межах допустимого діапазону.

2.4 Методології моделювання сигналів

Моделювання сигналів базується на застосуванні математичних перетворень, технічних пристроїв і алгоритмів для аналізу, обробки та інтерпретації сигналів у цифровій формі. Це дозволяє вирішувати широкий спектр завдань у телекомунікаціях, медицині, обробці звуку, зображень, і багатьох інших галузях.

Основи перетворення сигналів

Сигнали часто переходять з часової або просторової області до частотної за допомогою перетворення Фур'є. Це перетворення дозволяє визначати амплітудні та фазові характеристики кожної частоти сигналу. У випадках, коли фаза не є критичною, використовується спектральна площа, що відображає потужність кожної частотної компоненти.

Популяція сигналів

На етапі популяції сигналів їх вибірка здійснюється у вигляді напруги. Для цього використовуються аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). Наприклад, 8-бітний АЦП видає цифрове число в діапазоні від 0 до 255, якщо напруга вхідного сигналу варіюється від 0 до 5 вольт. Збільшення бітності перетворювача підвищує точність сигналу.

Дискретизація та квантова оцінка

Процес перетворення аналогових сигналів у цифрові складається з двох етапів:

1. Дискретизація: Сигнал ділиться на рівні часові інтервали, у кожному з яких вимірюється амплітуда.
2. Квантова оцінка: Амплітуда апроксимується до значення зі скінченної множини чисел. Наприклад, вхідний сигнал округлюється до найближчого цілого числа.

Застосування дискретизації

Коли сигнал обробляється, такі операції, як придушення шуму, виділення характеристик або пакування інформації, виконуються після його дискретизації. Під час перетворення аналогового сигналу в цифровий мінімізуються затримки, а результат обробки подається до вихідного аналогового сигналу.

Оцифрування сигналу

Для точного оцифрування сигналу необхідно підготувати його для подальшої обробки. Наприклад:

- Для сигналів, знятих із мікрофона, використовується підсилення для приведення амплітуди сигналу до діапазону, що підтримується АЦП.

- Системи обробки сигналів також використовують цифрові фільтри, такі як FIR (лінійні) і IIR (зворотні зв'язки), для усунення шуму або сигналів поза заданим частотним діапазоном.

Фільтрування сигналів

Процес фільтрації в часовій або частотній області є важливим етапом обробки сигналів. Він дозволяє видаляти непотрібні частоти. Для стабільності та ефективності фільтрів використовуються математичні перетворення, такі як Z-перетворення.

Обробка сигналів

Цифрова обробка сигналів (DSP) включає:

- Аудіообробка: Видалення шуму, стиснення звуку, розпізнавання мови.
- Обробка зображень: Стиснення відео, обробка медичних зображень (MPT, KT).
- Радарні сигнали: Виявлення об'єктів і класифікація сигналів.

Інтеграція з сучасними системами

DSP широко використовується у пристроях для захоплення та обробки звуку, передачі даних у телекомунікаціях, прогнозуванні погодних умов, економічному аналізі, та інших областях. Для складних задач DSP дозволяє обробляти як статичні, так і поточні дані, забезпечуючи високу точність і гнучкість.

Проблеми та переваги DSP

Основні переваги DSP:

- Висока точність.
- Можливість зберігання та обробки великих обсягів даних.
- Застосування алгоритмів для покращення сигналів.

Основні недоліки:

- Високе енергоспоживання.
- Складність у проектуванні систем DSP.

Результати моделювання

На рисунку 2.8 показано процес застосування фільтрів до цифрових сигналів, який демонструє ефективність фільтрації та покращення сигналів.

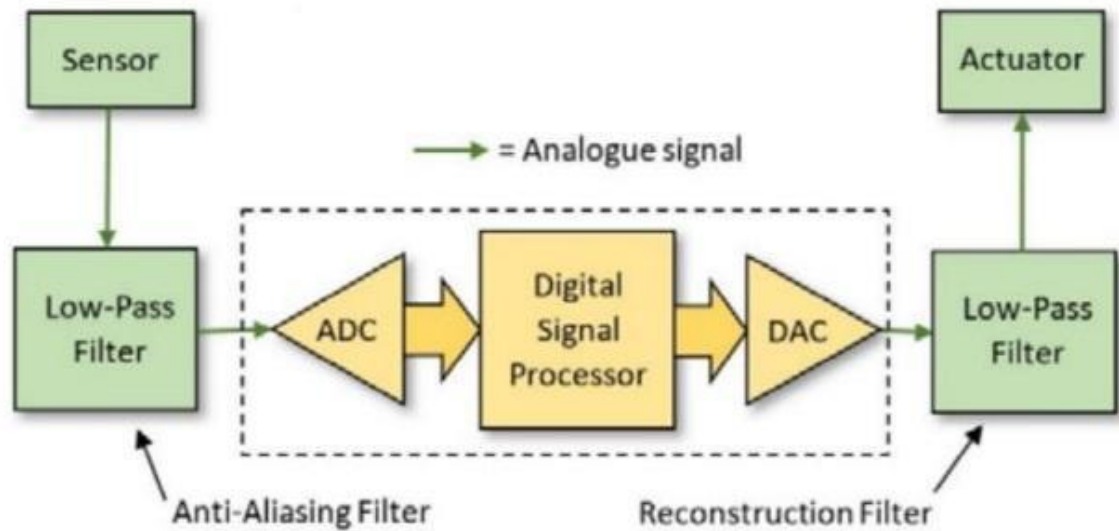


Рисунок 2.8 – Процес застосування фільтра до цифрових сигналів

Застосування DSP у практиці

DSP широко використовується для:

- Обробки медичних сигналів (наприклад, ЕКГ).
- Покращення якості телекомунікацій.
- Розпізнавання мовлення та голосових команд.
- Створення інноваційних систем зв'язку та автоматизації.

Висновок

Методології моделювання сигналів на основі цифрової обробки дозволяють ефективно вирішувати задачі, пов'язані з аналізом, очищенням і передачею сигналів у сучасних системах. Застосування DSP значно розширює можливості в багатьох галузях інженерії та науки.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ

3.1 Опис експериментальної частини дослідження

Для перевірки доцільності та ефективності запропонованого методу цифрової обробки сигналів, основанийого на розподілених хмарних обчисленнях, було виконано експериментальне дослідження. Система обробки базується на моделі замкнутого циклу управління з використанням PID-регулювання та технології хмарного зберігання.

Експериментальна частина включала:

1. Підготовка системи:
 - Розроблено інтелектуальну модель обробки сигналів з функціями збору, аналізу, вилучення та зберігання даних.
 - Налаштовано параметри експерименту, зокрема:
 - Максимальний обсяг даних в одному циклі: 5000 зразків.
 - Кількість циклів аналізу: 4.
 - Мінімальна швидкість вилучення даних: 2500 зразків за раз.
 - Допустима похибка: не більше 3%.
2. Використання експериментальних даних:
 - Для забезпечення об'єктивності порівняння використовувалися однакові набори даних, оброблені різними методами.
 - Середні значення показників отримували шляхом багаторазового повторення експерименту (10 разів).
3. Експериментальна перевірка:
 - Система обробляла понад 100,000 зразків даних, виконуючи їх збір, класифікацію, зберігання та аналіз у хмарному середовищі.
 - Дані були розподілені за характеристиками, зберігалися у базі даних, забезпечуючи високу ефективність і надійність системи.

4. Аналіз результатів:

○ В процесі експерименту система демонструвала здатність до швидкої обробки та аналізу великих обсягів даних, ефективно реалізуючи адаптивне управління.

Результати експерименту

На основі експериментальних досліджень було отримано графік змін результатів у різних групах (рисунок 3.1).

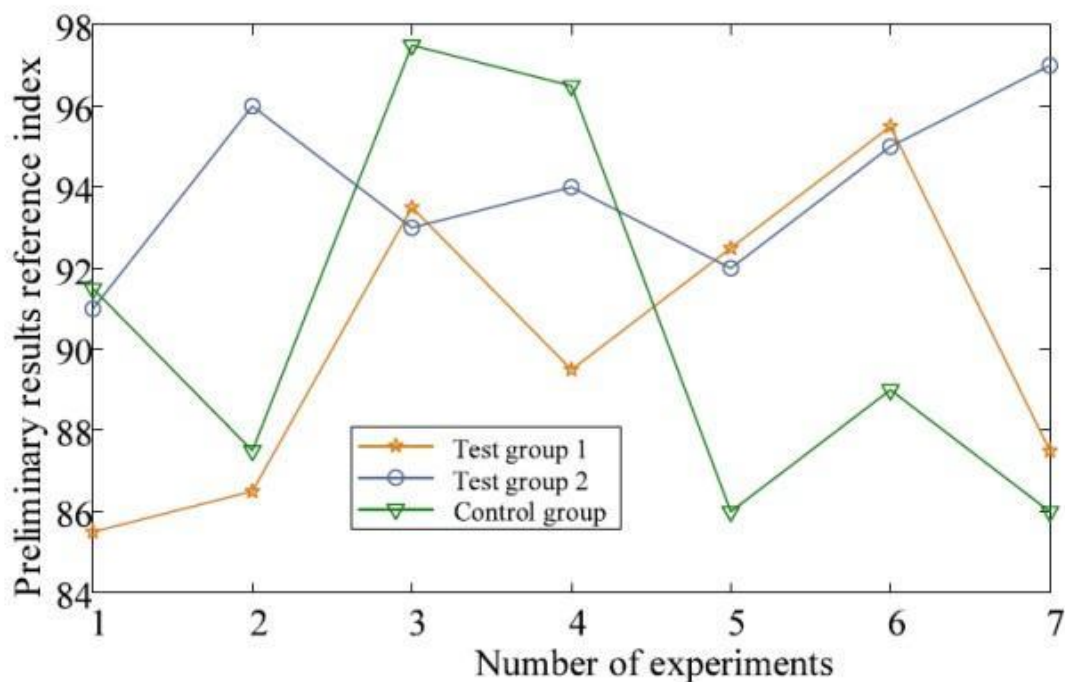


Рисунок 3.1 – Результати експериментального дослідження моделі системи

Основні спостереження:

- У двох експериментальних групах результати мали певну кореляцію: спочатку спостерігалось зростання показників, потім спад, а потім стабілізація.
- Контрольна група демонструвала нестабільність через відсутність застосування алгоритму, запропонованого в дослідженні.

Висновки:

- Експеримент підтвердив високу ефективність методу, особливо у складних завданнях аналізу великих даних.

- У контрольній групі результати були менш стабільними через вплив завадових факторів, які ефективно нейтралізуються в експериментальній групі за допомогою запропонованої системи.

Таким чином, запропонований підхід довів свою доцільність для застосування у великих системах обробки цифрових сигналів, зокрема в інженерних і технічних галузях.

3.2 Експериментальні результати та аналіз системи цифрової обробки сигналів

Для оцінки ефективності системи цифрової обробки сигналів, заснованої на розподілених хмарних обчисленнях, було проведено експериментальне дослідження, в якому порівнювалися результати трьох експериментальних груп із результатами контрольної групи, яка використовувала традиційні методи обробки сигналів.

Результати експерименту

Результати матриці ймовірності переходу та точності обробки трьох експериментальних груп, які обробляли понад 100,000 зразків даних, представлені на рисунку 3.2 та в таблиці 3.1.

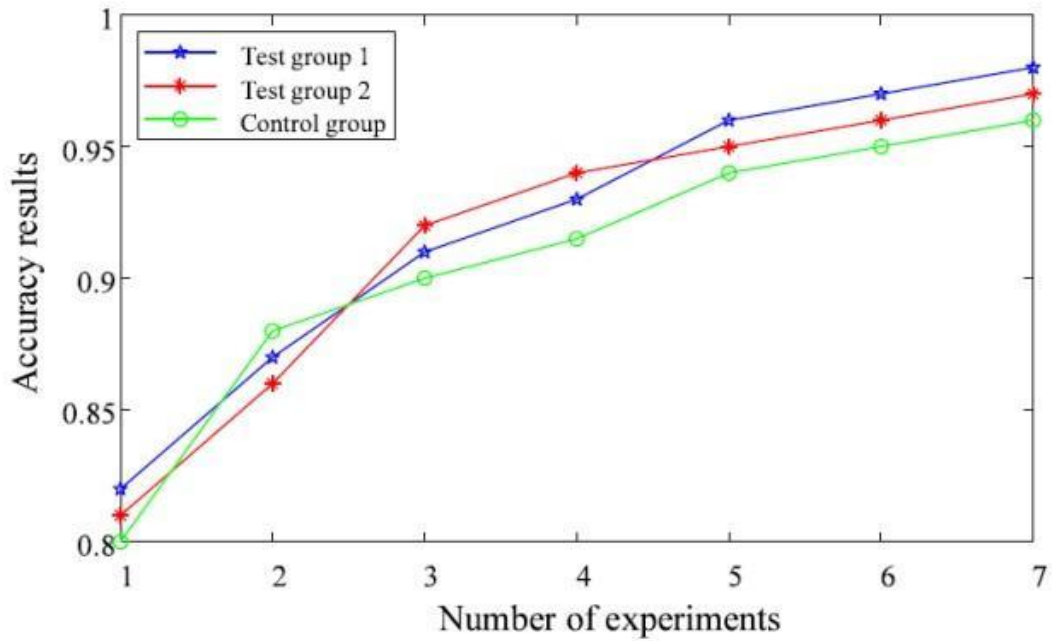


Рисунок 3.2 – Точність результатів залежно від кількості експериментів.

Таблиця 3.1 – Точність результатів експерименту

Експеримент	1 Група	2 Група	Контрольна група
1	0.97	0.98	0.88
2	0.92	0.96	0.89
3	0.94	0.95	0.91
4	0.96	0.94	0.91
5	0.93	0.95	0.90
6	0.95	0.93	0.92
7	0.98	0.96	0.91

Аналіз результатів

1. Точність обробки:

- Експериментальні групи показали стабільно високу точність, яка коливалася в межах 0.92–0.98 для першої групи та 0.93–0.98 для другої групи.
- Контрольна група продемонструвала нижчі результати, з точністю у межах 0.88–0.92.

2. Покращення ефективності:

○ Система, що базується на розподілених хмарних обчисленнях, значно перевершила традиційну систему за такими параметрами:

- Швидкість збору даних: скорочення часу на обробку великих обсягів даних.
- Ефективність вилучення характеристик: швидше визначення ключових ознак.
- Швидкість зберігання: оптимізоване управління базою даних.
- Час відгуку: забезпечення своєчасного аналізу та виведення результатів.

3. Практична користь:

○ Запропонована система ефективно відповідає потребам сучасних підприємств, що працюють з великими даними. Її можливості знижують витрати на розробку та обробку даних, покращуючи загальну ефективність роботи.

Висновки

Запропонований метод обробки цифрових сигналів, заснований на розподілених хмарних обчисленнях і PID-регулюванні, підтвердив свою ефективність в експериментальних умовах. Система може застосовуватися для задач, пов'язаних із обробкою великих даних у сфері електронної інформаційної інженерії, значно покращуючи якість аналізу даних і знижуючи витрати.

ВИСНОВКИ

Звичайні методи обробки цифрових сигналів мають низку проблем, зокрема труднощі збору інформації про сигнали та низьку швидкість зберігання даних. Для вирішення цих проблем у роботі запропоновано нову цифрову систему обробки сигналів, засновану на розподілених хмарних обчисленнях і інтелектуальному алгоритмі відстеження даних.

У рамках дослідження було визначено чотири ключові параметри, пов'язані з ефективністю цифрової обробки сигналів, аналізом даних та створенням високоефективної, інтелектуальної системи цифрової обробки сигналів. Запропонована система забезпечує уніфіковане керування масивними джерелами даних, дозволяючи аналізувати локальні відмінності між динамічними даними, виходячи з цілей вирішення та правил скринінгу у процесі розподілених хмарних обчислень. Використання алгоритмів відстеження дозволяє реалізувати інтелектуальне регулювання, забезпечуючи регулювання зворотного зв'язку та підвищуючи ефективність управління обробкою цифрових сигналів.

Результати експериментів підтвердили, що система цифрової обробки сигналів, побудована на основі розподілених хмарних обчислень, демонструє значні переваги, зокрема:

- високу швидкість збору та зберігання даних;
- швидкість обробки сигналів;
- ефективність аналізу та вилучення характеристик даних.

Ця система може ефективно використовуватися для розвитку та обробки даних цифрових сигналів у галузі електроніки та інформаційної інженерії.

Обмеження дослідження: Поточна робота акцентує увагу на швидкості аналізу та ефективності обробки, але не розглядає аспектів оптимізації безпеки під час обробки даних. Це питання потребує подальшого вивчення та вдосконалення у майбутніх дослідженнях.

У рамках роботи було реалізовано підвищення ефективності систем обробки цифрових сигналів шляхом розробки методу на основі розподілених хмарних обчислень. Для досягнення мети було виконано наступні завдання:

- проведено дослідження сучасних хмарних систем різних постачальників послуг і методів оцінки їх продуктивності;
- проаналізовано особливості потоків цифрових сигналів з можливістю хмарної обробки;
- розроблено метод обробки цифрової інформації з використанням розподілених хмарних обчислень;
- проведено експериментальні дослідження для оцінки запропонованих рішень.

Результати дослідження підтверджують високу ефективність розробленої системи, а також її потенціал для практичного використання у сферах, що вимагають роботи з великими обсягами даних.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок (або рішення про виведення науково-технічної розробки на ринок може бути прийнято у процесі проведення самої роботи), тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проекту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 4.1 [25].

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)

	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					

8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витрачати значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	5	5	5
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	4	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	4	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	3	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	2	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	3	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	4	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	4	4
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	3
Сума балів	39	42	40
Середньоарифметична сума балів $СБ_c$	40,3		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 4.3 [25].

Таблиця 4.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів $СБ_c$, розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
---	--

41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» становить 40,3 бала, що, відповідно до таблиці 4.3, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

4.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки

Окрім комерційного аудиту розробки доцільно також розглянути технічний рівень якості розробки, розглянувши її основні технічні показники. Ці показники по-різному впливають на загальну якість проектної розробки.

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення розраховуємо за формулою [26]:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (4.1)$$

де k – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

α_i – коефіцієнт, який враховує питому вагу i -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт α_i визначається експертним шляхом

і при цьому має виконуватись умова $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$;

β_i – відносне значення i -го технічного показника якості нової розробки.

Відносні значення β_i для різних випадків розраховуємо за такими формулами:

- для показників, зростання яких вказує на підвищення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ni}}{I_{ai}}, \quad (4.2)$$

де I_{ni} та I_{na} – чисельні значення конкретного i -го технічного показника якості відповідно для нової розробки та аналога;

- для показників, зростання яких вказує на погіршення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ai}}{I_{ni}}; \quad (4.3)$$

Використовуючи наведені залежності можемо проаналізувати та порівняти техніко-економічні характеристики аналогу та розробки на основі отриманих наявних та проектних показників, а результати порівняння зведемо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Порівняння основних параметрів розробки та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірюван ня	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Середня швидкість обробки даних	с	180	150	1,2	0,15
Точність аналізу сигналу	%	85	95	1,12	0,3
Чутливість системи	Лк	0,3	0,1	3	0,2

Розрядність аналізованого сигналу	біт	8	8	1	0,1
Відношення сигнал/шум	-	6	12	2	0,25

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення складе:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 1,2 \cdot 0,15 + 1,12 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,25 = 1,72.$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,72 рази.

4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [25]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.4)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=24$ дні.

$$Z_o = 19000,00 \cdot 24 / 24 = 18545,52 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.5 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	19000,00	772,73	24	18545,52
Ст. науковий співробітник	17500,00	750,00	24	18000,00
Інженер-програміст	18500,00	681,82	12	8181,84
Інженер-проектувальник біомедичних систем	17000,00	708,33	24	17000,00
Технік 1-ї категорії	8500,00	354,17	15	5312,50
Консультант-аналітик обробки біометричних даних	18500,00	770,83	5	3854,17
Всього				70894,03

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.5)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.6)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=8000,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [25];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 24$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 8000,00 \cdot 1,10 \cdot 1,15 / (24 \cdot 8) = 52,71 \text{ грн.}$$

$$Z_{pl} = 52,71 \cdot 10,00 = 527,08 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
--------------------	------------------------	---------------	---------------------	-------------------------------	----------------------------------

Встановлення допоміжного обладнання	10,00	2	1,10	52,71	527,08
Інсталяція програмного забезпечення	7,50	4	1,50	71,88	539,06
Встановлення цифрових обчислювальних систем	4,00	5	1,70	81,46	325,83
Відлагодження інтерполяційних модулів системи обробки цифрового сигналу	2,00	5	1,70	81,46	162,92
Підготовка цифрової експериментальної моделі інтерполятора	6,00	4	1,50	71,88	431,25
Формування бази даних підсистеми	12,00	3	1,35	64,69	776,25
Формування бази даних для підсистеми біометричного аналізу сигналу	12,00	3	1,35	64,69	776,25
Узгодження параметрів системи обробки цифрового ультразвукового сигналу	4,00	5	1,70	81,46	325,83
Тренування системи	3,50	4	1,50	71,88	251,56

Всього	4116,04
--------	---------

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доо}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доо}}}{100\%}, \quad (4.7)$$

де $H_{\text{доо}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 10%.

$$Z_{\text{доо}} = (70894,03 + 4116,04) \cdot 10 / 100\% = 7501,01 \text{ грн.}$$

4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{доо}}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (4.8)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (70894,03 + 4116,04 + 7501,01) \cdot 22 / 100\% = 18152,44 \text{ грн.}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу».

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\text{ср}j}, \quad (4.9)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 3,0 \cdot 220,00 \cdot 1,11 - 0 \cdot 0 = 732,60 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір канцелярський офісний (A4)	220,00	3,0	0	0	732,60
Папір для заміток (A5)	100,00	4,0	0	0	444,00
Папір креслярський (A1)	32,00	3,0	0	0	106,56
Папір креслярський (A3)	16,00	3,0	0	0	53,28
Начиння канцелярське	245,00	4,0	0	0	1087,80
Органайзер офісний	165,00	4,0	0	0	732,60
Картридж для плотера (HP-2106)	890,00	3,0	0	0	2963,70

Картридж для принтера (HP-2002)	1850,00	2,0	0	0	4107,00
Диск оптичний (CD-R)	25,00	3,0	0	0	83,25
Диск оптичний (CD-RW)	25,00	3,0	0	0	83,25
FLASH-пам'ять (64 ГБ)	300,00	1,0	0	0	333,00
Всього					10727,04

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_e), які використовують при проведенні НДР на тему «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_e = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.10)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$K_e = 1 \cdot 1500,00 \cdot 1,11 = 1665,00$ грн.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Преампіфікатор	1	1500,00	1665,00
Аналого-цифровий перетворювач (АЦП)	1	2100,00	2331,00
Фільтри	1	460,00	510,60

Процесор обробки сигналів (DSP)	1	1890,00	2097,90
Блок демодуляції	1	850,00	943,50
Блок тимчасової затримки	1	560,00	621,60
Пам'ять для зберігання даних	1	1800,00	1998,00
Інтерфейс користувача (зовнішні систем виведення результатів)	1	1299,00	1441,89
Контролер інтерфейсу введення-виведення	1	999,00	1108,89
Всього			12718,38

4.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, \quad (4.11)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.і}}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 28399,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 19338,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Управляючий комп'ютер електронної експертної системи ARTLINE X48 v36 (X48v36) AMD Ryzen 5 3600 / RAM 16ГБ / HDD 1ТБ + SSD 480ГБ / AMD Radeon RX 6600 8ГБ	1	28399,00	19338,00
Всього			43978,00

4.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{npz} = \sum_{i=1}^k C_{inpr} \cdot C_{npz.i} \cdot K_i, \quad (4.12)$$

де C_{inpr} – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{npz.i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{npz} = 360,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 399,60 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.10 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Доступ до мережі Internet (високошвидкісний) грн/місяць	1	360,00	399,60
Програмний засіб IDE - Visual Studio Code	1	9830,00	10911,30
База даних МСУТ-330	1	10400,00	11544,00
Всього			22854,90

4.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{г}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.13)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{г}$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (28300,00 \cdot 1) / (3 \cdot 12) = 786,11 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного	Термін використання	Амортизаційні відрахування, грн
----------------------------	-------------------------------	--------------------	------------------------	---------------------------------------

		використання, років	обладнання, місяців	
Програмно-аналітичний комплекс	28300,00	3	1	786,11
Графічно-обчислювальний комплекс обробки даних	26400,00	3	1	733,33
Програмні засоби реалізації Python	16200,00	3	1	450,00
Обладнання виводу графічної інформації	10250,00	4	1	213,54
Місце оператора спеціалізоване	9100,00	5	1	151,67
Офісна оргтехніка	9600,00	5	1	160,00
Дослідницька лабораторія	300000,00	20	1	1250,00
Всього				3744,65

4.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{gni}}{\eta_i}, \quad (4.14)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 10,98$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,35 \cdot 240,0 \cdot 10,98 \cdot 0,95 / 0,97 = 922,32 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.12 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Програмно-аналітичний комплекс	0,35	240,0	922,32
Графічно-обчислювальний комплекс обробки даних	0,25	200,0	549,00
Обладнання виводу текстової інформації	0,13	3,2	4,57
Обладнання виводу графічної інформації	0,15	1,4	2,31
Місце дослідника спеціалізоване	0,08	240,0	210,82
Офісна оргтехніка	0,40	1,2	5,27
Управляючий комп'ютерелектронної експертної системи ARTLINE X48 v36	0,22	100,0	241,56

(X48v36) AMD Ryzen 5 3600 / RAM 16ГБ / HDD 1ТБ + SSD 480ГБ / AMD Radeon RX 6600 8ГБ			
Компоненти електронної експертної системи	0,21	100,0	230,58
Всього			2166,42

4.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де H_{cv} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо $H_{cv} = 20\%$.

$$B_{cv} = (70894,03 + 4116,04) \cdot 20 / 100\% = 15002,01 \text{ грн.}$$

4.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo $H_{cn} = 30\%$.

$$B_{cn} = (70894,03 + 4116,04) \cdot 30 / 100\% = 22503,02 \text{ грн.}$$

4.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_e = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{ie}}{100\%}, \quad (4.17)$$

де H_{ie} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{ie} = 50\%$.

$$I_e = (70894,03 + 4116,04) \cdot 50 / 100\% = 37505,03 \text{ грн.}$$

4.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (З_o + З_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (4.18)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 100\%$.

$$B_{нзв} = (70894,03 + 4116,04) \cdot 100 / 100\% = 75010,07 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = З_o + З_p + З_{доо} + З_n + M + K_{г} + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_{г} + B_{нзв}. \quad (4.19)$$

$$B_{заг} = 70894,03 + 4116,04 + 7501,01 + 18152,44 + 10727,04 + 12718,38 + 43978,00 + 22854,90 + 3744,65 + 2166,42 + 15002,01 + 22503,02 + 37505,03 + 75010,07 = 346873,04 \text{ грн.}$$

Загальні витрати $ЗВ$ на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (4.20)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta = 0,95$.

$$ЗВ = 346873,04 / 0,95 = 365129,52 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

ΔN – збільшення кількості споживачів пристрою, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	150	150	150	150

N – кількість споживачів які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 4500 осіб;

C_o – вартість пристрою у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 38500,00 грн;

$\pm \Delta C_o$ – зміна вартості пристрою від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 2566,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta \Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [Козловський, Лесько, Кавецький]:

$$\Delta \Pi_i = (\pm \Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{g}{100}\right), \quad (4.21)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2024 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).

Прийmemo $\rho = 40\%$;

ϑ – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2024 році $\vartheta = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (2566,00 \cdot 4500,00 + 41066,00 \cdot 150) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 4820526,46 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (2566,00 \cdot 4500,00 + 41066,00 \cdot 300) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 6497497,63 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (2566,00 \cdot 4500,00 + 41066,00 \cdot 450) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 8174468,81 \text{ грн.}$$

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (2566,00 \cdot 4500,00 + 41066,00 \cdot 600) \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 9851439,98 \text{ грн.}$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $\Pi\Pi$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (4.22)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau=0,1$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} \Pi\Pi &= 4820526,46/(1+0,1)^1 + 6497497,63/(1+0,1)^2 + 8174468,81/(1+0,1)^3 + \\ &+ 9851439,98/(1+0,1)^4 = 4382296,78 + 5369832,75 + 6141599,40 + 6728666,06 = \\ &= 22622395,00 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (4.23)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв}=2$;

$3B$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 365129,52 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 2 \cdot 365129,52 = 730259,03 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{абс} = \Pi\Pi - PV \quad (4.24)$$

де $\Pi\Pi$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 22622395,00 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 730259,03 грн.

$$E_{абс} = \Pi\Pi - PV = 22622395,00 - 730259,03 = 21892135,97 \text{ грн.}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_{ϵ} , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_{\epsilon} = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1, \quad (4.25)$$

де $E_{абс}$ – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 21892135,97 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 730259,03 грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримування позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_{\epsilon} = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 = (1 + 21892135,97/730259,03)^{1/4} = 1,36.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій $\tau_{\min}$:

$$\tau_{\min} = d + f, \quad (4.26)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = 0,1$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, прийmemo 0,3.

$\tau_{\min} = 0,1 + 0,3 = 0,4 < 1,36$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_v , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_v}, \quad (4.27)$$

де E_v – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 1,36 = 0,74 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

4.5 Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу» становить 40,3 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки високий).

При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,72 рази.

Також термін окупності становить 0,74 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Система обробки цифрового ультразвукового сигналу».

Висновок

У магістерській кваліфікаційній роботі було виконано дослідження системи обробки цифрового ультразвукового сигналу для покращення якості діагностичних зображень. Поставлена мета роботи досягнута, а завдання успішно виконані. Проведене дослідження підтвердило важливість та перспективність удосконалення методів цифрової обробки ультразвукових сигналів. Встановлено, що якість ультразвукових сигналів значною мірою залежить від рівня шуму, ефективності алгоритмів обробки та параметрів фільтрації. У роботі було запропоновано алгоритми, які забезпечують ефективне зниження рівня шуму, нормалізацію сигналів і покращення спектрального аналізу. Використання програмного забезпечення MATLAB для моделювання дозволило провести точний аналіз ефективності запропонованих методів. Результати дослідження свідчать, що розроблені алгоритми сприяють суттєвому покращенню візуалізації ультразвукових зображень. Це, у свою чергу, підвищує точність та швидкість медичної діагностики, що є важливим фактором для раннього виявлення та лікування захворювань. Наукова та практична значущість роботи полягає у можливості впровадження отриманих результатів у сучасні ультразвукові системи. Це дозволяє розширити їх функціональні можливості, оптимізувати процеси обробки сигналів та підвищити якість медичних висновків. Таким чином, проведене дослідження підтвердило ефективність запропонованих підходів до обробки ультразвукових сигналів. Результати роботи можуть бути основою для подальшого розвитку технологій у галузі біомедичної інженерії.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. L. Yan, P. Wang, J. Sun, et al., Simulation of tree point cloud based on the ray- tracing algorithm and three-dimensional tree model, *Biosyst. Eng.* (2020) 200.
2. C. Li, J. Tang, Y. Luo, Multi-queue scheduling of heterogeneous jobs in hybrid geo-distributed cloud environment, *J. Supercomput.* 74 (10) (2018) 5263– 5292.
3. Muhammad Habib ur Rehman, Ejaz Ahmed, Ibrar Yaqoob, et al., Big data analytics in industrial IoT using a concentric computing model, *IEEE Commun. Mag.* 56 (2) (2018) 37–43.
4. M. Johnston, E. Modiano, Wireless scheduling with delayed CSI: When distributed outperforms centralized, *IEEE Trans. Mob. Comput.* 17 (11) (2018) 2703– 2715.
5. H. Chen, W.P. Zhu, W. Liu, et al., RARE-based localization for mixed near-field and far-field rectilinear sources, *Digit. Signal Process.* 85 (2019) 54–61.
6. Ö.T. Demir, T.E. Tuncer, Improved ADMM-based algorithms for multigroup multicasting in large-scale antenna systems with extension to hybrid beamforming, *Digit. Signal Process.* (2019) 43–57.
7. D. Castanheira, G. Barb, A. Silva, et al., A multi-user linear equalizer for uplink broadband millimeter wave massive MIMO, *Digit. Signal Process.* 92 (2019) 62–72.
8. D. Blinder, A. Ahar, S. Bettens, et al., Signal processing challenges for digital holographic video display systems, *Signal Process., Image Commun.* 70 (2019) 114– 130.
9. I.C. Yadav, S. Shahnawazuddin, G. Pradhan, Addressing noise and pitch sensitivity of speech recognition system through variational mode decomposition based spectral smoothing, *Digit. Signal Process.* 86 (2019) 55–64.
10. R. Muñoz, R. Vilalta, N. Yoshikane, et al., Integration of IoT, transport 45 SDN, and edge/cloud computing for dynamic distribution of IoT analytics and efficient use of network resources, *J. Lightwave Technol.* 36 (7) (2018) 1420– 1428.

11. W. Zhang, Z. Zhang, H.C. Chao, Cooperative fog computing for dealing with big data in the internet of vehicles: Architecture and hierarchical resource management, *IEEE Commun. Mag.* 55 (12) (2017) 60–67.
12. R. Boriga, A.C. Dăscălescu, I. Priescu, A new hyperchaotic map and its application in an image encryption scheme, *Signal Process., Image Commun.* 29 (8) (2014) 887–901.
13. D. Wübben, P. Rost, J. Bartelt, et al., Benefits and impact of cloud computing on 5G signal processing, *IEEE Signal Process. Mag.* 31 (6) (2014) 35–44.
14. P. Sana Ee, P. Moallem, F. Razzazi, A structural refinement method based on image gradient for improving performance of noise-restoration stage in decision based filters, *Digit. Signal Process.* 75 (2018) 242–254.
15. Y. He, J. Guo, X. Zheng, From surveillance to digital twin: Challenges and recent advances of signal processing for industrial internet of things, *IEEE Signal Process. Mag.* 35 (5) (2018) 120–129.
16. Sahil Kansal, Harish Kumar, Sakshi Kaushal, et al., Genetic algorithmbased cost minimization pricing model for on-demand IaaS cloud service, *J. Supercomput.* (2) (2018) 1–26.
17. M. Shi, J. Liu, Functional and contextual attention-based LSTM for service recommendation in mashup creation, *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.* 30 (5) (2018) 1077–1090.
18. Jalal Khamse-Ashari, Ioannis Lambadaris, George Kesidis, et al., An efficient and fair multi-resource allocation mechanism for heterogeneous servers, *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.* 29 (12) (2018) 2686–2699.
19. J. Ren, Y. Guo, D. Zhang, et al., Distributed and efficient object detection in edge computing: Challenges and solutions, *IEEE Network* 32 (6) (2018) 137–143. 46
20. C. Qiu, H. Shen, K. Chen, An energy-efficient and distributed cooperation mechanism for k-coverage hole detection and healing in WSNs, *IEEE Trans. Mob. Comput.* 2 (32) (2018) 1–9.

21. F. Tang, H. Zhang, L. Fu, et al., Distributed stable routing with adaptive power control for multi-flow and multi-hop mobile cognitive networks, *IEEE Trans. Mob. Comput.* 18 (12) (2018) 2829–2841.
22. D. He, Y. Qiao, S. Chan, et al., Flight security and safety of drones in airborne fog computing systems, *IEEE Commun. Mag.* 56 (5) (2018) 66–71.
23. M.A. Rahman, M.S. Hossain, E. Hassanain, et al., Semantic multimedia fog computing and IoT environment: sustainability perspective, *IEEE Commun. Mag.* 56 (5) (2018) 80–87.
24. Волк М., Шумов Д.О. та інші. Розподілене комп'ютерне моделювання в системах хмарних обчислень. Вісник Херсонського національного технічного університету. №1. 2024. с. 211-217. Фахове видання.
25. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
26. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ**

Назва роботи: Система обробки цифрового ультразвукового сигналу

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(МКР, БДР)

Підрозділ: кафедра БМІОЕС, ФІЕС, група БМІ-23м

Керівник Коваль Л. Г., завідувач каф. БМІОЕС, доцент.

Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність	98 %
Загальна схожість	2 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

V 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на допрацювання.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

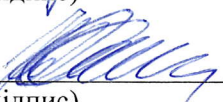
Автор


(підпис)

Стрелецький О. О.

(прізвище, ініціали)

Керівник


(підпис)

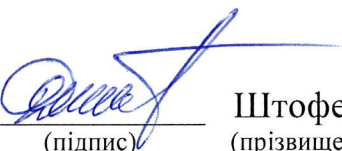
Коваль Л. Г.

(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Допущено до захисту

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Штофель Д. Х..

(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б

ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. БМІОЕС,

к.т.н., доц.

 Л. Г. Коваль

« 2 » грудня 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

«Система обробки цифрового ультразвукового сигналу»

08-41.МКР.007.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц. кафедри БМІОЕС

 Коваль Л. Г.

Виконавець: ст. гр. БМІ-23м

 Стрелецький О. О.

Вінниця ВНТУ – 2024

1 ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота проводиться на підставі наказу ректора по Вінницькому національному технічному університету від 17.09.2024 р., № 310 та індивідуального завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Дата початку роботи: 17.09.2024 р.

Дата закінчення: 29.11.2024 р.

2 МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення процесу обробки цифрового ультразвукового сигналу шляхом розроблення методів і алгоритмів його обробки та побудови системи аналізу для покращення точності і швидкості діагностичних досліджень.

У магістерській кваліфікаційній роботі для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступний перелік завдань:

- провести аналіз сучасних методів і засобів обробки ультразвукових сигналів;
- розробити алгоритми цифрової обробки ультразвукових сигналів для виділення ключових характеристик;
- спроєктувати систему автоматизованої обробки ультразвукових сигналів;
- дослідити ефективність розроблених алгоритмів та оцінити їхні метрологічні характеристики;
- провести експериментальну перевірку функціонування системи на реальних даних.

Об'єкт дослідження – процес обробки цифрового ультразвукового сигналу.

Предмет дослідження – методи, алгоритми та система для автоматизованої обробки цифрового ультразвукового сигналу.

3 ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ МКР

1. L. Yan, P. Wang, J. Sun, et al., Simulation of tree point cloud based on the ray-tracing algorithm and three-dimensional tree model, *Biosyst. Eng.* (2020) 200.
2. C. Li, J. Tang, Y. Luo, Multi-queue scheduling of heterogeneous jobs in hybrid geo-distributed cloud environment, *J. Supercomput.* 74 (10) (2018) 5263– 5292.
3. Muhammad Habib ur Rehman, Ejaz Ahmed, Ibrar Yaqoob, et al., Big data analytics in industrial IoT using a concentric computing model, *IEEE Commun. Mag.* 56 (2) (2018) 37–43.
4. M. Johnston, E. Modiano, Wireless scheduling with delayed CSI: When distributed outperforms centralized, *IEEE Trans. Mob. Comput.* 17 (11) (2018) 2703–2715.
5. H. Chen, W.P. Zhu, W. Liu, et al., RARE-based localization for mixed near-field and far-field rectilinear sources, *Digit. Signal Process.* 85 (2019) 54–61.
6. Ö.T. Demir, T.E. Tuncer, Improved ADMM-based algorithms for multigroup multicasting in large-scale antenna systems with extension to hybrid beamforming, *Digit. Signal Process.* (2019) 43–57.
7. D. Castanheira, G. Barb, A. Silva, et al., A multi-user linear equalizer for uplink broadband millimeter wave massive MIMO, *Digit. Signal Process.* 92 (2019) 62–72.
8. D. Blinder, A. Ahar, S. Bettens, et al., Signal processing challenges for digital holographic video display systems, *Signal Process., Image Commun.* 70 (2019) 114–130.
9. I.C. Yadav, S. Shahnawazuddin, G. Pradhan, Addressing noise and pitch sensitivity of speech recognition system through variational mode decomposition based spectral smoothing, *Digit. Signal Process.* 86 (2019) 55–64.
10. R. Muñoz, R. Vilalta, N. Yoshikane, et al., Integration of IoT, transport 45 SDN, and edge/cloud computing for dynamic distribution of IoT analytics and efficient use of network resources, *J. Lightwave Technol.* 36 (7) (2018) 1420– 1428.
11. W. Zhang, Z. Zhang, H.C. Chao, Cooperative fog computing for dealing with big data in the internet of vehicles: Architecture and hierarchical resource management, *IEEE Commun. Mag.* 55 (12) (2017) 60–67.

12. R. Boriga, A.C. Dăscălescu, I. Priescu, A new hyperchaotic map and its application in an image encryption scheme, *Signal Process., Image Commun.* 29 (8) (2014) 887–901.
13. D. Wübben, P. Rost, J. Bartelt, et al., Benefits and impact of cloud computing on 5G signal processing, *IEEE Signal Process. Mag.* 31 (6) (2014) 35–44.
14. P. Sana Ee, P. Moallem, F. Razzazi, A structural refinement method based on image gradient for improving performance of noise-restoration stage in decision based filters, *Digit. Signal Process.* 75 (2018) 242–254.
15. Y. He, J. Guo, X. Zheng, From surveillance to digital twin: Challenges and recent advances of signal processing for industrial internet of things, *IEEE Signal Process. Mag.* 35 (5) (2018) 120–129.
16. Sahil Kansal, Harish Kumar, Sakshi Kaushal, et al., Genetic algorithm based cost minimization pricing model for on-demand IaaS cloud service, *J. Supercomput.* (2) (2018) 1–26.
17. M. Shi, J. Liu, Functional and contextual attention-based LSTM for service recommendation in mashup creation, *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.* 30 (5) (2018) 1077–1090.
18. Jalal Khamse-Ashari, Ioannis Lambadaris, George Kesidis, et al., An efficient and fair multi-resource allocation mechanism for heterogeneous servers, *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.* 29 (12) (2018) 2686–2699.
19. J. Ren, Y. Guo, D. Zhang, et al., Distributed and efficient object detection in edge computing: Challenges and solutions, *IEEE Network* 32 (6) (2018) 137–143. 46
20. C. Qiu, H. Shen, K. Chen, An energy-efficient and distributed cooperation mechanism for k-coverage hole detection and healing in WSNs, *IEEE Trans. Mob. Comput.* 2 (32) (2018) 1–9.
21. F. Tang, H. Zhang, L. Fu, et al., Distributed stable routing with adaptive power control for multi-flow and multi-hop mobile cognitive networks, *IEEE Trans. Mob. Comput.* 18 (12) (2018) 2829–2841.
22. D. He, Y. Qiao, S. Chan, et al., Flight security and safety of drones in airborne fog computing systems, *IEEE Commun. Mag.* 56 (5) (2018) 66–71.

23. M.A. Rahman, M.S. Hossain, E. Hassanain, et al., Semantic multimedia fog computing and IoT environment: sustainability perspective, IEEE Commun. Mag. 56 (5) (2018) 80–87.

24. Волк М., Шумов Д.О. та інші. Розподілене комп'ютерне моделювання в системах хмарних обчислень. Вісник Херсонського національного технічного університету. №1. 2024. с. 211-217. Фахове видання.

25. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

26. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

4 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ МКР

Основними вимогами до системи обробки цифрового ультразвукового сигналу є:

1. Функціональне призначення системи: автоматизована обробка, аналіз та виділення ключових характеристик ультразвукового сигналу для діагностичних досліджень.

2. Датчик ультразвукового сигналу: частотний діапазон – від 1 МГц до 10 МГц, чутливість – не менше 10 мВ/Па, інтеграція з цифровими системами через інтерфейс USB або аналоговий вихід.

3. Цифровий модуль обробки сигналу: розрядність аналого-цифрового перетворювача – не менше 16 біт, частота дискретизації – не менше 100 МГц, затримка обробки сигналу – не більше 1 мс.

4. Функції обробки та аналізу сигналів: спектральний аналіз, фільтрація шумів, оцінка часу затримки сигналу, виділення амплітудно-часових характеристик, класифікація сигналів за допомогою методів машинного навчання.

5 ЕТАПИ МКР І ТЕРМІНИ ЇХ ВИКОНАННЯ

№	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	закінчення	
1.	Розробка, погодження та затвердження технічного завдання (ТЗ)	17.09.2024	30.09.2024	Розроблене ТЗ
2.	Аналіз методів і засобів обробки цифрових ультразвукових сигналів	17.09.2024	4.10.2024	Розділ 1
3.	Розроблення методу аналізу та класифікації ключових характеристик ультразвукових сигналів	4.10.2024	25.10.2024	Розділ 2
4.	Розроблення архітектури системи для обробки і аналізу цифрових ультразвукових сигналів	15.10.2024	08.11.2024	Розділ 3
5.	Дослідження ефективності розробленого методу та системи обробки ультразвукових сигналів	08.11.2024	22.11.2024	Розділ 4
6.	Економічна частина	09.11.2024	29.11.2024	Розділ 5
7.	Оформлення необхідної технічної документації. Підготовка МКР до публічного захисту	29.11.2024	19.12.2043	МКР

6 ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ І ПРИЙМАННЯ

Контроль за виконанням МКР та її етапів покладається на керівника. Приймання МКР здійснюється шляхом публічного захисту перед екзаменаційною комісією, призначеною наказом ректора ВНТУ.

7 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

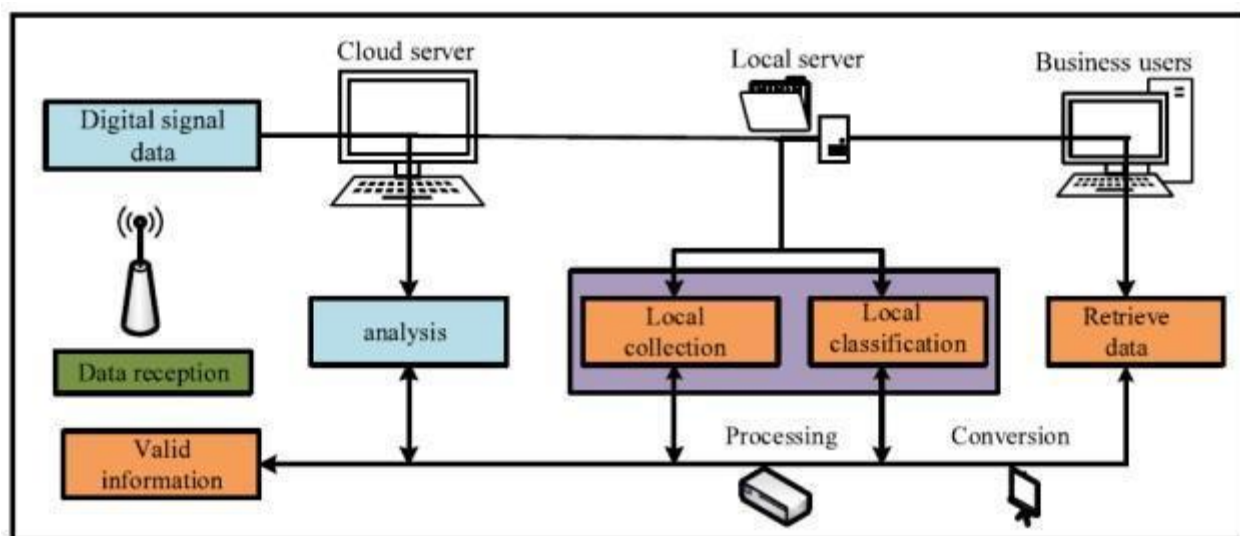
У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

Додаток В

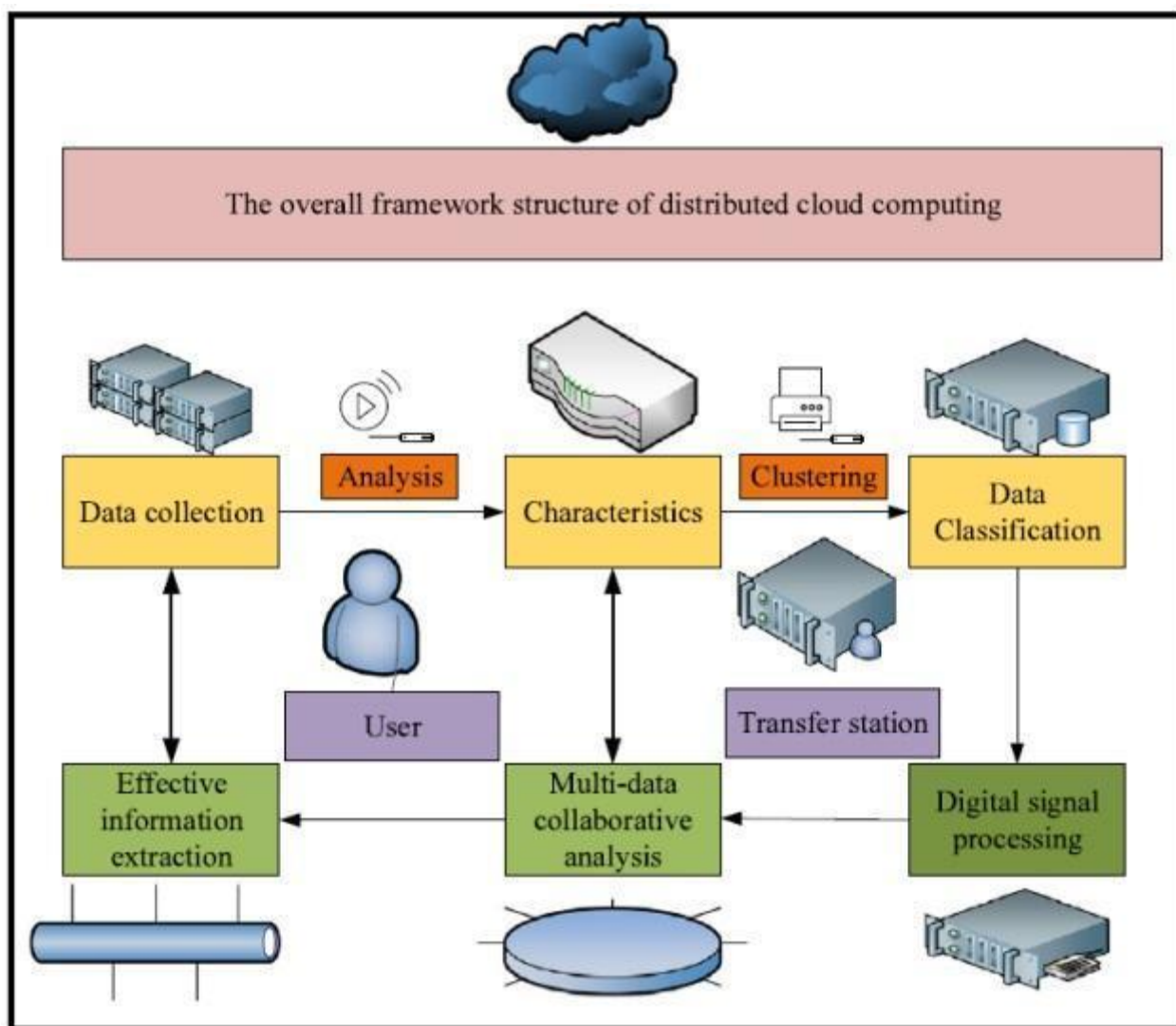
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

Система обробки цифрового ультразвукового сигналу

Система розподілення хмарних обчислень



Інтегральна структура системи цифрової обробки сигналів



Процес застосування фільтра до цифрових сигналів

