

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Сергієнка Павла Анатолійовича на тему «Методи та засоби проектування обчислювачів для розпізнавання образів у зображеннях», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань **12 «Інформаційні технології»** за спеціальністю **123 «Комп'ютерна інженерія»**

Актуальність теми дисертації.

Тепер поширюються різноманітні системи технічного зору на основі інтелектуальних відеокамер для систем захисту, автомобільних систем сприяння водію, автоматизації виробництва, медичної діагностики, дистанційно керованих дронів тощо. Причому інтелектуальний рівень цих систем визначається складністю алгоритмів розпізнавання образів у зображеннях, які в них застосовуються. Найчастіше ці алгоритми реалізуються програмно і виконуються у хмарному середовищі або з застосуванням високопродуктивних графічних акселераторів, які віддалено з'єднані з відеокамерою. Але таке рішення проблеми впровадження технічного зору має такі недоліки, як велика латентна затримка розпізнавання образів, перевантаження каналів зв'язку між відеокамерою та хмарним середовищем чи іншим обчислювачем, високе енергоспоживання, необхідність додаткової обробки зображення, такої як фільтрація шумів та завад, стиснення динамічного діапазону. Інше рішення — це виконання алгоритмів розпізнавання образів безпосередньо у відеокамері, яке мінімізує ці недоліки. Але це потребує розроблення спеціалізованої апаратури, причому методи такого розроблення є недостатньо дослідженими. Основною метою дисертації здобувача є покращення систем технічного зору за рахунок апаратної реалізації алгоритмів розпізнавання образів і тому тема дисертації є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна дисертаційної роботи Сергієнка П. А. у відповідності з поставленою метою, направленою на підвищення ефективності проектування систем для розпізнавання образів у зображеннях на основі ПЛІС завдяки

використанню нових методів проектування спеціалізованих конвеєрних структур, ґрунтується на наступних отриманих результатах.

1. Запропоновано метод пошуку характерних точок у зображенні, який на відміну від існуючих методів пошуку таких точок, завдяки використанню нового алгоритму адаптивної фільтрації виконує пошук точок у несприятливих умовах освітленості та має обсяг обчислень зменшений до чотирьох разів. Даний алгоритм фільтрації виконано на основі блоку аналізу зображення, який детектує локальні градієнтні характеристики і формує з них зображення ознак, який на відміну від алгоритму білатеральної фільтрації, має учетверо менше операцій множення і не потребує обчислень з підвищеною точністю.

2. Створено метод синтезу буферних схем для обробки двовимірних потоків даних, який на відміну від існуючих методів дає змогу виконувати розробку таких схем формалізовано з мінімізацією апаратних витрат і який, завдяки застосуванню методу просторового графа синхронних потоків даних, направляє синтез на одержання буферів типу FIFO або пам'яті довільного доступу, забезпечуючи наперед заданий порядок вводу-виводу даних.

3. Запропоновано спосіб проектування буферів з конвеєрних регістрів у ПЛІС, який відрізняється від існуючих способів формальною побудовою функціональної схеми, в якій використовуються елементи SRL16, за рахунок чого p регістрів замінюються на k логічних таблиць, де $p/k = 2 - 16$.

4. Удосконалено алгоритм та структура модуля обчислення квадратного кореня, який на відміну від відомого алгоритму зі зсувом та відніманням має меншу затримку обчислення за рахунок застосування блоків постійної пам'яті.

Запропоновані методи, спосіб та алгоритм є новими і мають суттєві відмінності від аналогічних методів, способів та алгоритмів, які сприяють підвищенню їх ефективності.

Достовірність, обґрунтованість наукових результатів забезпечена коректністю виконання наукових досліджень. Так, коректність тверджень та висновків підтверджується строгими теоретичними доведеннями та результатами випробувань моделей і зразків схем, які побудовані на їхній основі. Основні

положення й теоретичні оцінки підтверджені результатами імітаційного моделювання на комп'ютері та у VHDL-симуляторі. Експериментальна перевірка одержаних результатів виконувалася за допомогою проектування експериментального зразка інтелектуальної відеокамери на базі датчика зображення та ПЛІС за запропонованими методами і способами з використанням мови VHDL з подальшим моделюванням у симуляторі, компілюванням у схему на рівні вентилів та конфігуруванням у ПЛІС різних фірм.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сергієнка П.А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності **123 «Комп'ютерна інженерія»** та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Комп'ютерна інженерія».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Системи цифрової обробки зображень».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сергієнка Павла Анатолійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Суть дисертаційної роботи розкривається послідовно з додержанням правил логічних міркувань. У тексті дисертації немає незрозумілих термінів чи закономірностей, термінів, які

вимагають пояснення. Явно видно, що автор коректно користується сучасною науковою методологією.

Дисертація складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 168 сторінок.

У вступі показана актуальність теми дисертації, формулюються мета, завдання дослідження та основні положення, що виносяться на захист.

У першому розділі проаналізовані сучасні методи розпізнавання графічних образів і робиться висновок про ефективність методів дескрипторів характерних точок у порівнянні до методів нейронних мереж. Проаналізовані особливості апаратної реалізації методів пошуку характерних точок та формування їх дескрипторів і сформульовані завдання на наукові дослідження у дисертаційній роботі.

У другому розділі проаналізовано методи обробки зображень з широким динамічним діапазоном і вибрано метод Retinex. Запропоновано алгоритм адаптивної фільтрації зображень і удосконалений алгоритм компресії HDR-зображення на основі такої фільтрації. Проаналізовані властивості зображення ознак, що генерується блоком аналізу зображення алгоритму адаптивної фільтрації і зроблено висновок про можливість використання цих ознак для побудови нових алгоритмів розпізнавання образів. Також створено алгоритм MHN-фільтрації, алгоритм аналізу зображення, який обчислює піраміду зображень, алгоритм знаходження характерних точок. Запропонована процедура формування дескриптора характерної точки і розроблено метод пошуку характерних точок у зображенні.

У третьому розділі вибрано метод проектування конвеєрних пристроїв для обробки сигналів на основі просторового графа синхронних потоків даних як метод для структурного синтезу спеціалізованих конвеєрних пристроїв для обробки зображень. Запропоновано спосіб проектування буферів з конвеєрних регістрів у ПЛІС, в яких використовуються елементи SRL16. Розроблено метод синтезу буферних схем для обробки двовимірних потоків даних. Також удосконалено алгоритм та структура модуля обчислення квадратного кореня.

Проаналізовано алгоритми безвтратної компресії і запропоновано апаратно-програмний безвтратний декомпресор за алгоритмом LZW на основі процесорного ядра зі стековою архітектурою для реалізації у ПЛІС.

У висновку наведено основні теоретичні та практичні результати роботи, рекомендації з їхнього використання.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 18 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 11 наукових фахових конференціях.

Проведений аналіз наукових праць здобувача наукового ступеню показав, що результати дисертаційної роботи достатньо повно відображені автором у його наукових публікаціях. Вказаний внесок здобувача у конкретні друковані праці свідчить про те, що він є автором вище перелічених отриманих наукових результатів. Крім того, у цих працях відсутній плагіат і взагалі, дотримані принципи академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. При аналізі нейронних мереж у підрозділі 1.2.3 застосуванню функції активації виділено лише один абзац. Слід розуміти, що обчислювальні витрати на реалізацію цієї функції можуть складати більше половини витрат на реалізацію кожного вузла мережі і від вибору цієї функції суттєво залежить як швидкість навчання, так і ефективність розпізнавання образів. Натомість, огляду другорядної функції втрат присвячено цілу сторінку.

2. У вступі вказано, що дисертація присвячена апаратній реалізації розпізнавання образів. Але ніде не конкретизовано категорію, що підлягає такій реалізації. Адже це може бути реалізація процесу, алгоритму чи методу розпізнавання образів.

3. У різних місцях дисертації є порівняння з обчисленнями з плаваючою комою. Зокрема, у третьому розділі пропонується впровадити запропоновану структуру для обчислення квадратного кореня у пристрої з плаваючою комою з подвійною точністю. Але ніде не уточнюється, в якому саме форматі представлена ця плаваюча кома. Наприклад, формат Double може бути AE74 чи IEEE754, чи якийсь інший.

4. Основними параметрами якості системи розпізнавання образів вважаються надійність розпізнавання при обробці тестових пакетів зображень, та помірні енерговитрати системи. Нажаль, автор не виконав вимірювання таких параметрів. Через це виникають певні сумніви у ефективності запропонованого ним методу.

5. Варто було уточнити, що зараз фактично виробником ПЛІС серії Virtex, Spartan є не фірма Xilinx, а фірма AMD, яка нещодавно поглинула її.

6. Недостатньо описано застосування обчислювачів квадратного кореня у пристроях для розпізнавання образів у зображеннях. Хоча, для обчислення деяких функцій активації у нейронній мережі вона застосовується.

7. Перелік умовних позначень включає не всі специфічні для даної роботи аббревіатури та терміни, хоча деяка кількість загальновідомих наведені.

8. Для ряду ключових формул бракує розгорнутого виводу, який дозволив би відділити попередні наукові надбання від оригінального дослідження.

9. Новий метод розпізнавання заснований на принципах теорії Retinex, однак немає чіткого переліку ключових показників, на основі яких вибрана ця теорія з множини існуючих теорій кольорового зору.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.


Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сергієнка Павла Анатолійовича на тему «Методи та засоби проектування обчислювачів для розпізнавання образів у зображеннях» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «Інформаційні технології». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Сергієнко Павло Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань **12 «Інформаційні технології»** за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

Офіційний опонент:

Провідний науковий співробітник
відділу мікропроцесорної техніки №205,
Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова
НАН України, доктор технічних наук,
професор

 Володимир ОПАНАСЕНКО



« 20 » листопада 2023 року