

РЕЦЕНЗІЯ

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.

В сучасних обчислювальних системах, таких як комп'ютери, мобільні пристрої та Інтернет речей, виконуються завдання розпізнавання образів у зображеннях. Це важливий аспект технології машинного зору. Так, застосування машинного зору розповсюджене в автоматизованому візуальному контролі, в розпізнаванні дорожньої обстановки у системах сприяння водію і системах відеоспостереження. Завдяки потужним обчислювальним ресурсам, таким як спеціалізовані процесори та графічні акселератори, обчислення розпізнавання образів стають більш доступними. Менше з тим, зазвичай потрібні хмарні обчислювальні ресурси для виконання складних завдань машинного зору, що може призвести до перенавантаження комп'ютерних мереж.

Для поліпшення роботи таких систем на серверах, а також безпосередньо біля датчиків зображення використовують високопродуктивні спеціалізовані процесори на базі програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Це допомагає зменшити навантаження на хмарні сервери та знижує витрати енергії. ПЛІС переважають універсальні процесори та надвеликі інтегральні схеми завдяки їхній продуктивності, ефективності енергоспоживання, а також можливості динамічного переналаштування алгоритмів, що виконуються. Для розробки таких систем часто використовують високорівневий синтез, але це не завжди ефективно для алгоритмів обробки зображень.

Тому тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки сучасний етап розвитку систем штучного інтелекту вимагає розроблення нових методів та інструментів для проектування обчислювачів для розпізнавання образів більшої ефективності та швидкодії.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) запропоновано новий алгоритм адаптивної фільтрації 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) запропоновано новий метод пошуку характерних точок у зображенні, який на відміну від існуючих, завдяки використанню нового алгоритму адаптивної фільтрації виконує пошук характерних точок у складних умовах освітленості та має зменшений обсяг обчислень;

3) створено новий метод синтезу буферних схем для обробки двовимірних потоків даних, який на відміну від існуючих методів дає змогу виконувати розробку буферних схем формалізовано з мінімізацією апаратних витрат, направляти синтез на одержання буферів типу FIFO або пам'яті довільного доступу, забезпечуючи наперед заданий порядок вводу-виводу даних;

4) запропоновано новий спосіб проєктування 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 $p/k = 2 - 16$.

Достовірність наукових результатів забезпечується коректним і логічним доведенням передумов для створення алгоритмів і методів, аналітичним доведенням їхньої високої ефективності, позитивними результатами моделювання пристроїв, які розроблені за допомогою нових методів, у VHDL-симуляторі, а також результатами конфігурування і тестування цих пристроїв у ПЛІС.

При цьому методи досліджень ґрунтуються на використанні теорії графів, теорії алгоритмів, теорії моделювання, методів комбінаторної оптимізації, які використовувались при синтезі конвеєрних структур, а також тверджень та висновків, які доведені в дисертації.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем КПП ім. Ігоря Сікорського в рамках ініціативної НДР «Методи, моделі та комп'ютерні засоби виявлення деструктивного впливу у медіапросторі» під керівництвом завкафедрою СП і СКС, д.т.н., професора Романкевича В. О.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання: розробити алгоритм пошуку характерних точок у зображенні, який на відміну від існуючих алгоритмів має меншу складність та забезпечує пошук у складних умовах освітлення, створити метод побудови буферних схем для обробки одного та двовимірних сигналів, який забезпечує заданий порядок слідування вхідних та вихідних даних і мінімізовані апаратні витрати при його реалізації у ПЛІС, розробити способи побудови допоміжних блоків для систем розпізнавання

образів та перевірити ефективність розробленого методу під час проєктування модулів спеціалізованої системи на базі ПЛІС для розпізнавання образів 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 «123 Комп'ютерна інженерія».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «системи машинного зору».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, 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. Слід відзначити доступність викладення, використання загальноприйнятої термінології, пояснення термінів, які є незнайомими пересічному читачу.

Дисертація складається з вступу, 3 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 212 сторінок.

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи, наведені мета й завдання дослідження, основні положення, що виносяться на захист.

У першому розділі проаналізовано сучасні методи розпізнавання графічних образів і виявлені недоліки нейронних мереж, такі як висока складність навчання, ненадійне розпізнавання об'єктів під різними умовами освітлення, і довга латентна затримка. Встановлено, що методи дескрипторів характерних точок, які використовуються для розпізнавання об'єктів в різних умовах нейронними мережами, мають ряд переваг над нейронною мережею та можуть поєднуватися з ними. Визначені недоліки існуючих методів дескрипторів характерних точок, такі як: невеликий динамічний діапазон, надмірна складність. Встановлено напрямок досліджень як удосконалений метод SIFT, у зв'язку з чим проаналізовані особливості апаратної реалізації

методів пошуку характерних точок та формування їх дескрипторів і причини великих апаратних витрат на їх реалізацію. В результаті, сформульовані завдання на наукові дослідження, опис виконання яких приведений у інших розділах.

У другому розділі проаналізовано методи стиснення зображення з широким динамічним діапазоном і вибрано метод Retinex на основі білатеральної фільтрації. Запропоновано алгоритм адаптивної фільтрації для стиснення HDR-зображень, що полегшує розпізнавання образів в умовах складного освітлення. Розроблено алгоритм МНН-фільтрації для вилучення шуму з зображень ознак. Представлено метод знаходження характерних точок з меншою складністю та ефективнішу процедуру формування дескрипторів. Як результат, розроблено новий метод пошуку характерних точок у зображенні. Проаналізовано методи обробки потоків даних і розглянуто особливості проєктування конвеєрних пристроїв для обробки зображень.

У третьому розділі запропоновано новий спосіб проєктування буферів в ПЛІС, що мінімізує апаратні витрати. Покращено алгоритм обчислення квадратного кореня для зменшення затримки. Вибрано алгоритм безвтратної компресії LZW, який забезпечує велику пропускну здатність та малі апаратні витрати і розроблено апаратно-програмний декомпресор LZW та GIF для використання в ПЛІС з покращеною пропускну здатністю.

У висновку наведено основні результати роботи, а також 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 21 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 13 наукових фахових конференціях.

Високий рівень публікацій здобувача підтверджується тим, що 5 статей опубліковано у фахових виданнях категорії Б, а 2 публікації, які пройшли реферування, опубліковані у збірниках праць конференції, які занесені у БД Scopus. При цьому в наукових публікаціях дотримані принципи академічної доброчесності, а особистий внесок здобувача в них має коректне відображення в тексті дисертації і не перетинається із внесками співавторів.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Перелік умовних позначень доволі короткий. Варто було б додати такі аббревіатури, як ПЛІС, НВІС, SIFT, HDR, МНН, CNN та інші. Так, не зразу можна визначити, що ЛТ – це логічна таблиця.

У параграфі 1.2.4 розглядаються детально функції втрат, які використовуються у нейронних мережах. При цьому не виконується ні аналіз цих функцій з точки зору завдань дослідження, ні їх використання у подальшому розробленні методів, що захищаються.

Автор правильно відмітив, що CNN може виконувати пошук-фільтрацію до сотні характерних ознак у зображенні. В той же час, у методі, запропонованому автором, виконується пошук значно меншої кількості характерних ознак, а саме, лінії під 4 різними кутами, точки та їх можливі комбінації, що кодуються дескриптором. Варто було б порівняти ефективність пошуку характерних ознак у CNN та у запропонованому методі. Можливо, більш ефективним було б шукати лінії під 8 або 16 різними кутами тощо.

Дисертант висуває слушну ідею, що обробка зображення могла б замінити перші шари глибокої CNN. Його дисертаційна робота суттєво виграла б, якщо він навів приклад такого застосування.

При описі алгоритму SIFT не вказано, що вікно 16×16 формується з зображення, яке повернуто на знайдений на попередньому кроці нормалізуючий кут. Ця операція суттєво ускладнює алгоритм.

Дисертант піддає критиці метод SIFT на прикладі пошуку характерних точок, який він виконав цим методом на рис. 1.5. Варто було б для порівняння показати на цьому ж зображенні характерні точки, знайдені запропонованим методом.

Було висунуто гіпотезу, що новий метод пошуку характерних точок має ґрунтуватись на аналізі HDR-зображень під час та після їх стиснення. В дисертації розглянута розробка методу, що ґрунтується на аналізі саме під час стиснення, а аналіз після стиснення не приймається до уваги.

У рівнянні (2.11) не зовсім зрозумілий зв'язок нормування додаванням доданку D_0 , адже, ще має бути присутній нормуючий множник.

Є певні недоліки невдалого форматування тексту, як наприклад, розділ 1 не з наступної сторінки, назва параграфа «Метод перетворення ознак яке інваріантне до масштабу – SIFT», яка злилась з визначенням «Масштабний простір». Назви деяких рисунків відірвані від самих рисунків (рис. 1.1, 1.2). Таблиці 1.1, 2.1 є розірваними.

Вважаю, що висловлені зауваження не є суттєвими 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 комп'ютерної інженерії. 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.

Рецензент:

доцент кафедри обчислювальної техніки
КПІ ім. Ігоря Сікорського, к.т.н., доцент

«23» жовтня

Олександр РОКОВИЙ

ЗАСВІДЧУЮ

Відділ кадрів і архівної справи

2023 року

