

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. Актуальність теми дисертації визначається потребою у застосуванні систем технічного зору у різноманітних галузях, зокрема, у промисловості для автоматизації виробничих процесів, у медицині для діагностики захворювань на основі аналізу медичних зображень, військовій справі для дистанційного керування дронами тощо. Ці системи вимагають високого рівня інтелектуального аналізу, який визначається складністю алгоритмів розпізнавання образів на зображеннях. Звичайно ці алгоритми реалізуються програмно і виконуються у хмарному середовищі або з використанням потужних графічних акселераторів, що віддалено пов'язані з відеокамерами. Проте цей підхід характеризується низкою недоліків, як-от значною затримкою при розпізнаванні образів, навантаженням на канали зв'язку, високим рівнем енергоспоживання та потребою у додатковому обробленні зображень. Альтернативою для цього підходу є використання алгоритмів розпізнавання образів безпосередньо у відеокамері, що дозволяє уникнути цих недоліків. Проте цей підхід вимагає розроблення спеціалізованої апаратури. Отже, основна мета дисертаційної роботи Сергієнка П. А. полягає у покращенні систем технічного зору через апаратну реалізацію алгоритмів розпізнавання образів, що безперечно є актуальною задачею.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Наукова новизна роботи Сергієнка П. А. обумовлена оригінальністю підходу до вирішення проблеми підвищення ефективності проектування систем розпізнавання образів на зображеннях із

застосуванням програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Основні пункти наукової новизни включають наступне.

1. Розроблено новий метод пошуку характерних точок у зображенні, який відрізняється від відомих використанням нового алгоритму адаптивної фільтрації, що дозволяє виявляти характерні точки навіть в умовах низької освітленості і зменшує обчислювальну складність у чотири рази. Метод ґрунтується на аналізі локальних градієнтних характеристик і формуванні зображення ознак, що робить його ефективнішим у порівнянні з відомими методами.
2. Розроблено метод синтезу буферних схем для оброблення двовимірних потоків даних, який відрізняється формалізованим підходом до розроблення таких схем з мінімізацією апаратних витрат. Використання методу просторового графа синхронних потоків даних дозволяє створювати буфери типу FIFO або пам'яті довільного доступу зі заздалегідь визначеним порядком введення-виведення даних.
3. Запропоновано новий спосіб проектування буферів з конвеєрних регістрів у ПЛІС, що відрізняється від відомих підходів використанням елементів SRL16 та заміною регістрів на логічні таблиці, що зменшує кількість виконуваних операцій.
4. Поліпшено алгоритм і структуру модуля обчислення квадратного кореня, що дає змогу зменшити затримку обчислення завдяки використанню блоків постійної пам'яті.

Всі запропоновані методи і алгоритми є новими та відрізняються від відомих аналогів; їх застосування робить можливим підвищення ефективності систем технічного зору. Для підтвердження достовірності отриманих результатів дисертантом виконано теоретичне доведення та експериментальне випробування розроблених методів, включаючи імітаційне моделювання та практичну реалізацію на базі ПЛІС. Отже, дисертаційна робота відзначається науковою новизною та обґрунтованістю і підтверджує володіння автором методологією наукової діяльності.

Наукове завдання зі створення обчислювачів для розпізнавання образів на зображеннях, поставлене перед дисертантом, виконано повністю, а здобувач, Сергієнко П.А., повною мірою опанував методологію 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».

Аналіз звіту щодо результатів перевірки тексту дисертації дозволяє зробити висновок про те, 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 відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів. Дисертаційна робота написана українською мовою. Робота викладена логічно та послідовно; її оформлення відповідає вимогам, що висуваються до таких робіт. Текст дисертації не містить протиріч та непідтверджених закономірностей. Рівень підготовки дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок про те, що її автор коректно використовує сучасну наукову методологію.

Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг роботи становить 168 сторінок.

У вступі наочно демонструється актуальність теми дисертації, формулюються мета, завдання дослідження та основні положення, які виносяться на захист.

У першому розділі проведено аналіз сучасних методів розпізнавання графічних образів і зроблено висновки про перевагу методів на основі дескрипторів характерних точок над методами на основі нейронних мереж. Окрім цього, розглянуто особливості апаратної реалізації методів пошуку характерних точок та формування їхніх дескрипторів, а також сформульовано завдання для наукового дослідження у рамках дисертаційної роботи.

У другому розділі ретельно проаналізовано методи оброблення зображень з широким динамічним діапазоном і обрано метод Retinex. Також запропоновано алгоритм адаптивної фільтрації зображень та удосконалено алгоритм компресії HDR-зображень на основі цієї фільтрації. Досліджено властивості зображення ознак, що генерується блоком аналізу зображення за допомогою алгоритму адаптивної фільтрації, і зроблено висновок про можливість використання цих ознак для розроблення нових алгоритмів розпізнавання образів. Також розроблено алгоритм MHN-фільтрації, алгоритм аналізу зображення, що розраховує піраміду зображень, і алгоритм пошуку характерних точок у зображеннях.

У третьому розділі обрано метод проєктування конвеєрних пристроїв для оброблення сигналів на основі просторового графа синхронних потоків даних як методу структурного синтезу спеціалізованих конвеєрних пристроїв для оброблення зображень. Запропоновано спосіб проєктування буферів з конвеєрних регістрів у ПЛІС з використанням елементів SRL16. Розроблено метод синтезу буферних схем для оброблення двовимірних потоків даних. Також удосконалено алгоритм і структуру модуля обчислення квадратного кореня. Розглянуто алгоритми безвтратного ущільнення і запропоновано апаратно-програмний безвтратний декомпресор за алгоритмом LZW на основі процесорного ядра зі стековою архітектурою для реалізації у ПЛІС.

У висновках наведено основні теоретичні і практичні результати дослідження та надано рекомендації щодо їх 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.

Аналіз наукових публікацій здобувача наукового ступеню підтверджує, що результати його дисертаційної роботи достатньою мірою представлені в цих публікаціях. Зазначений внесок здобувача у конкретні друковані праці свідчить про його авторство у відповідних наукових досягненнях.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи. Незважаючи на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи, варто відзначити деякі недоліки.

1. Дисертантом дещо некоректно використовується термінологія, яка стосується методів компактного подання даних, а саме, у тексті дисертації зустрічається термін «ущільнення» (стор. 29), «компресія» (стор. 29, 78, 174, 175) та «стиснення» (стор. 5, 24, 25, 76-78, 82, 84-86, 88, 98, 123, 159, 160, 174, 175), які означають однаковий вид оброблення графічних даних.
2. У дисертаційній роботі на стор. 22 стверджується, що практична цінність отриманих дисертантом результатів, зокрема, полягає у тому, що розроблений апаратно-програмний модуль для LZW-декомпресії може забезпечити зменшення обсягу пам'яті та енергоспоживання, проте це твердження не підкріплюється у тексті дисертації відповідними теоретичними викладеннями чи експериментальними результатами.
3. На стор. 21 дисертаційної роботи автор відзначає, що практична цінність отриманих результатів також полягає у тому, що використання запропонованого методу пошуку характерних точок у зображенні у системах технічного зору дає змогу покращити розпізнавання за

несприятливих умов освітлення, проте у тексті дисертації не надається ані чіткого визначення, яке саме освітлення має вважатися несприятливим, ані експериментального підтвердження, що запропонований метод пошуку характерних точок у зображенні є стійким до таких несприятливих умов. Доцільно було б навести приклади зображень для різних випадків у додатках до основної частини дисертації.

4. На стор. 19 дисертації дисертант визначає, що «об'єктом дослідження є розпізнавання образів у зображеннях та проєктування апаратних засобів, для їх виконання». Зайва кома у реченні призводить до спотворення формулювання об'єкта дисертаційного дослідження.
5. У тексті дисертації зустрічаються помилки (від 03.09.2019 згідно з новою редакцією Українського правопису написання слова «проєктування» замість «проектування» вважається помилковим; ця помилка зустрічається на стор. 140-144, 146, 151, 156, 157, 159, 185) та стилістичні некоректності (наприклад, автор виживає словосполучення «в залежності від» на стор. 76, 83, 171-173, натомість має вживатись вираз «залежно від»).

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

Висновок про дисертаційну роботу. Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сергієнка Павла Анатолійовича на тему «Методи та засоби проєктування 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 вирішує наукову проблему, що має істотне значення для галузі «Інформаційні технології». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною цілком відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 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:

Завідувач кафедри програмного
забезпечення комп'ютерних систем,
д-р техн. наук, доцент

М.П.

«20» жовтня 2023 року

