

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0426U000187

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-08-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шевченко Андрій Костянтинович

2. Andrii Shevchenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: кандидат наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 05.13.06

Назва наукової спеціальності: Інформаційні технології

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 17-09-2026

Спеціальність за освітою: 8.092501 : Автоматизоване управління технологічними процесами

Місце роботи здобувача: Національний університет «Київський авіаційний інститут»

Код за ЄДРПОУ: 45853942

Місцезнаходження: просп. Гузара Любомира, Київ, 03058, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 26.062.01

Повне найменування юридичної особи: Національний університет «Київський авіаційний інститут»

Код за ЄДРПОУ: 45853942

Місцезнаходження: просп. Гузара Любомира, Київ, 03058, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет «Київський авіаційний інститут»

Код за ЄДРПОУ: 45853942

Місцезнаходження: просп. Гузара Любомира, Київ, 03058, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.15, 50.33.03

Тема дисертації:

1. Інформаційна технологія обробки графічних даних для SIMD-архітектур процесорів
2. Information technology of graphic data processing for processor SIMD architectures

Реферат/анотація:

1. Поширення платформ архітектури ARM64 у вбудованих системах, мобільних пристроях та БПЛА зумовлює потребу у високій швидкодії обробки цифрових зображень в умовах обмежених обчислювальних ресурсів і вимог реального часу. Операція згортки є основою більшості алгоритмів обробки зображень і водночас найбільш ресурсомісткою їх складовою, тому підвищення її швидкодії є актуальним науково-технічним завданням. Метою роботи є розроблення інформаційної технології обробки цифрових зображень та відео з використанням швидкодіючої операції згортки для центральних процесорів архітектури ARM64, яка дозволяє в режимі реального часу проводити фільтрацію та масштабування потокового відео на одноплатних комп'ютерах. Об'єктом дослідження є процеси обробки цифрових RGB-зображень операцією згортки на платформах ARM64; предметом — методи, алгоритми та інформаційна технологія векторизованої операції згортки з використанням SIMD-інструкцій ARM64 NEON. Наукова новизна одержаних результатів полягає у такому: уперше розроблено та теоретично обґрунтовано метод швидкодіючої операції згортки для обробки 8-бітних RGB-зображень з використанням 16-бітних цілочисельних операцій, що забезпечує підвищення

швидкодії на процесорах ARM64 порівняно з функцією `cv::filter2D` бібліотеки OpenCV; уперше запропоновано формалізовану нотацію для опису векторизованих обчислень SIMD NEON64, яка дозволяє представляти векторизовану частину коду у вигляді структурованих математичних виразів; удосконалено технологію обробки цифрових зображень шляхом запропонованої інформаційної технології з використанням швидкодіючої операції згортки для архітектури ARM64; набули подальшого розвитку лінійні оператори на основі лінійних комбінацій В-сплайнів — отримано оператори 16-бітних цілочисельних операцій, які гарантують відсутність переповнення при обчисленні векторизованого скалярного добутку.

Експериментальні дослідження на одноплатних комп'ютерах Raspberry Pi 4 та Orange Pi 5 Pro для 112 комбінацій параметрів (14 розмірів ядер згортки $\times$ 8 роздільностей зображень) показали прискорення до 11,1 раза на Orange Pi 5 Pro та до 10,2 раза на Raspberry Pi 4 порівняно з `cv::filter2D`, за максимальної абсолютної похибки не більше 1 одиниці на колірний канал 8-бітного RGB-зображення. Досягнуто стабільної швидкодії 26–29 кадрів/секунду при обробці відеопотоку в режимі реального часу. Практичне значення полягає у створенні програмного інструментарію (бібліотека `libconv_lib.so` на C/C++ з Python-інтерфейсом) для систем бортової обробки даних БПЛА, відеоспостереження та edge-computing. Результати впроваджено у науково-дослідних роботах подвійного призначення, у навчальному процесі, а також у виробничій діяльності ТОВ «ЕЛІСАТ» і ТОВ «ІНСПІРИТО ТІМ». Ключові слова: SIMD, ARM64, NEON64, операція згортки, 16-бітні обчислення, обробка цифрових зображень, векторизація, швидкодія, інформаційна технологія, реальний час, одноплатні комп'ютери, БПЛА.

2. The proliferation of ARM64 platforms in embedded systems, mobile devices and unmanned aerial vehicles creates a demand for high-performance digital image processing under limited computational resources and real-time constraints. The convolution operation underlies most image processing algorithms and is simultaneously their most resource-intensive component, which makes improving its performance a relevant scientific and technical task. The purpose of the work is to develop an information technology for processing digital images and video using a high-performance convolution operation for ARM64 central processing units, enabling real-time filtering and scaling of streaming video on single-board computers. The object of research is the processes of digital RGB image processing by the convolution operation on ARM64 platforms; the subject is methods, algorithms and information technology of the vectorized convolution operation using ARM64 NEON SIMD instructions. The scientific novelty of the obtained results is as follows: for the first time, a method of high-performance convolution for processing 8-bit RGB images using 16-bit integer operations has been developed and theoretically substantiated, providing a performance increase on ARM64 processors compared with the `cv::filter2D` function of the OpenCV library; for the first time, a formalized notation for describing vectorized SIMD NEON64 computations has been proposed, allowing the vectorized part of the code to be represented as structured mathematical expressions; the technology of digital image processing has been improved by means of the proposed information technology employing the high-performance convolution operation for the ARM64 architecture; linear operators based on linear combinations of B-splines have received further development — operators of 16-bit integer operations have been obtained that guarantee the absence of overflow when computing the vectorized dot product. Experimental studies on Raspberry Pi 4 and Orange Pi 5 Pro single-board computers for 112 parameter combinations (14 convolution kernel sizes $\times$ 8 image resolutions) demonstrated acceleration of up to 11.1 times on Orange Pi 5 Pro and up to 10.2 times on Raspberry Pi 4 compared with `cv::filter2D`, with a maximum absolute error not exceeding 1 unit per color channel of an 8-bit RGB image. Stable performance of 26–29 frames per second was achieved in real-time video stream processing. The practical significance lies in the creation of a software toolkit (the `libconv_lib.so` library in C/C++ with a Python interface) for UAV onboard data processing systems, video surveillance and edge computing. The results have been implemented in dual-purpose research projects, in the educational process, and in the operational activities of ELISAT LLC and INSPIRITO TIM LLC. Keywords: SIMD, ARM64, NEON64, convolution operation, 16-bit computing, digital image processing, vectorization, high performance, information technology, real-time, single-board computers, UAV.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

1. Приставка П. О., Шевченко А. К. Дослідження реалізації лінійного оператора згортки цифрового зображення при 16-бітних обчисленнях. Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. 2016. Т. 20: 1. С. 78–90. URL: <https://doi.org/10.15421/431608>
2. Шевченко А. К. Вибір програмно-апаратних засобів для реалізації операції згортки з підвищеною швидкістю. Наукоємні технології. 2018. Т. 37: 1. С. 49–54. URL: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.37.12369>
3. Шевченко А. К. Підвищення швидкодії операції згортки RGB зображень з використанням алгоритму кластеризації ядер згортки для архітектури процесорів ARM64. Problems of Informatization and Management. 2025. Т. 1: 81. С. 140–149. URL: <https://doi.org/10.18372/2073-4751.81.20144>
4. Shevchenko A., Tymchyshyn V. A SIMD-based approach to the enhancement of convolution operation performance. CEUR Workshop Proceedings. 2019. Vol. 2588. P. 447–458. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-2588/paper37.pdf> (Scopus) Q4, ISSN 1613-0073
5. Shevchenko A., Prystavka P., Tymchyshyn V. Research on possible convolution operation speed enhancement via AArch64 SIMD. Advances in Computer Science for Engineering and Education. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. Cham : Springer, 2022. Vol. 134. P. 61–75. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-04812-8_6 (Scopus, Web of Science) Q3, ISSN 2367-4512
6. Prystavka P., Shevchenko A., Rokitianska I. Comparative analysis of detector-tracker architecture for object tracking based on SBC for UAV. 2024 IEEE 7th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Development (APUAVD), Kyiv, Ukraine, 22–24 October 2024. 2024. P. 175–178. URL: <https://doi.org/10.1109/APUAVD64488.2024.10765890> (SCOPUS, IEEE)
7. Shevchenko A., Prystavka P. Enhancement of convolution operation performance using SIMD of AArch64 (short paper). CEUR Workshop Proceedings. 2024. Vol. 3826. P. 385–391. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3826/short32.pdf> (Scopus) Q4, ISSN 1613-0073
8. Приставка П. О., Шевченко А. К. Особливості застосування технології ARM NEON при обробці зображень. Політ. Сучасні проблеми науки : XVI Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, м. Київ, 25 берез. 2016 р. НАУ, 2016. С. 135.
9. Шевченко А. К., Приставка П. О. Оптимізація обробки цифрового зображення з використанням технології ARM NEON. ABIA-2017 : XIII Міжнар. наук.-техн. конф., м. Київ, 19–21 квіт. 2017 р. НАУ, 2017. С. 2.27–2.29.
10. Prystavka P. O., Shevchenko A. K. A brief overview of modern software optimization approaches. Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології : VIII Всесвіт. конгр., м. Київ, 10–12 жовт. 2018 р. НАУ, 2018. С. 2.3.22–2.3.24.
11. Шевченко А. К. Огляд програмних засобів для підвищення швидкодії операції згортки. Політ. Сучасні проблеми науки : XIX Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, м. Київ, 1–5 квіт. 2019 р. НАУ, 2019. С. 35–37.
12. Shevchenko A. K. Cache-friendly code for convolution operation. Політ. Сучасні проблеми науки : XXI Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, м. Київ, 5–9 квіт. 2021 р. НАУ, 2021. С. 18–19.
13. Приставка П. О., Шевченко А. К. Дослідження швидкодії операції згортки що було оптимізовано за допомогою SIMD NEON ARM64 в умовах обробки відео з файлу. ABIA-2023 : XVI Міжнар. наук.-техн. конф., м. Київ, 18–20 квіт. 2023 р. НАУ, 2023. С. 22–24.

- 14. Шевченко А. К., Приставка П. О. Дослідження можливостей підвищення швидкодії операції згортки за допомогою кластеризації розріджених ядер матриць згортки на архітектурі AArch64. Політ. Сучасні проблеми науки: XXIII Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, м. Київ, 4–7 квіт. 2023 р. НАУ, 2023. С. 18–21.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; методичні документи; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0116U004638, 0119U100553, 0124U000291

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Приставка Пилип Олександрович

2. Pylyp Prystavka

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0360-2459

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет «Київський авіаційний інститут»

Код за ЄДРПОУ: 45853942

Місцезнаходження: просп. Гузара Любомира, Київ, 03058, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мирутенко Лариса Вікторівна

2. Larysa Myrutenko

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1686-261X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кучанський Олександр Юрійович

2. Oleksandr Kuchanskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради

Гнатюк Сергій Олександрович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні

Гнатюк Сергій Олександрович

Відповідальний за підготовку
облікових документів

Довженко Олена Андріївна

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності



Юрченко Тетяна Анатоліївна