

ВІДГУК

рецензента Кобиліна Олега Анатолійовича,
на дисертаційну роботу Погуляєва Юрія Сергійовича
на тему «Моделі та методи розроблення програмного забезпечення для
класифікації біометричних даних на основі параметрів мінуцій»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 – «Інформаційні технології»
за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення».

1. Актуальність та обґрунтування вибору теми дослідження

Автоматизовані системи ідентифікації за відбитками пальців обробляють дедалі більші обсяги біометричних даних, що висуває підвищені вимоги до продуктивності та масштабованості відповідного програмного забезпечення. Якість розпізнавання при цьому залежить від здатності дескриптора зберігати інваріантність до геометричних спотворень при скануванні без залучення моделей машинного навчання, а також від прозорості інтерпретації попарного і групового порівняння. Наявні рішення задовольняють ці вимоги лише частково: класичні дескриптори чутливі до локалізації особливих точок, нейромережеві підходи потребують значних обчислювальних ресурсів та верифікованих наборів даних, а груповий аналіз здебільшого зводиться до агрегації попарних оцінок. Виявлене протиріччя між обмеженими можливостями наявних методів та практичною потребою у масштабованому, інваріантному та інтерпретованому розробленні програмного забезпечення підкреслює наукову і прикладну значущість обраної теми. Отже, тема дисертаційної роботи Погуляєва Ю. С. є актуальною та своєчасною.

2. Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна

Матеріали дисертації достатньо повно представлені у шести наукових працях за темою дисертаційного дослідження, у тому числі чотирьох статтях у наукових виданнях, включених до Переліку фахових видань України, та двох доповідях у матеріалах міжнародних наукових конференцій. Три з цих публікацій індексуються у наукометричній базі Scopus.

За результатами виконаних досліджень отримано наступні нові наукові результати:

– уперше запропоновано метод розроблення програмного забезпечення для попарного порівняння дактилоскопічних зразків, який структурує зіставлення як каскад окремих етапів із розподілом ролей між ними, де усунення повороту реалізовано через глобальний дескриптор конфігурації мінущій, а компенсацію трансляції винесено в окремий етап. На відміну від відомих рішень, де логіку вирівнювання реалізують єдиним модулем, метод дає можливість проєктувати програмну систему без окремого модуля попереднього вирівнювання та зберігати простежуваність від формул математичної моделі до програмних модулів на кожному етапі без застосування моделей машинного навчання;

– уперше запропоновано метод розроблення програмного забезпечення для групового порівняння дактилоскопічних зразків у режимі «один проти групи», який структурує ухвалення рішення як прозору для інтерпретації декомпозицію, де підсумкове рішення ухвалюється кон'юнктивним правилом на основі роздільно обчислених оцінок якості виявлених збігів та покриття групи еталонних сканів. На відміну від відомих рішень, що реалізують скалярну згортку оцінок, кожна складова рішення є окремо специфікованою та простежуваною, що дає можливість розрізняти ситуації з однаковим середнім, але різною структурою збігів;

– набула подальшого розвитку технологія розроблення програмного забезпечення для масштабованого класифікатора біометричних даних, яка, на відміну від існуючих, поєднує в межах єдиної відтворюваної схеми специфікацію вимог за SWEBOOK Guide v4.0, оцінювання якості за ISO/IEC 25010:2023, селективну SIMD-векторизацію, обґрунтовану таксономією обчислювальних етапів за моделями Roofline та Universal Scalability Law, та подієво-керовану архітектуру з персистентним кешуванням дескрипторів, що дає можливість забезпечити високу пропускну здатність на великих обсягах даних.

3. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому та оформлення

Дисертація має наступну структуру: вступ, чотири розділи, висновки, перелік джерел посилання, додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано завдання та наукову новизну, наведено відомості про практичне значення, апробацію та впровадження результатів.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану предметної галузі. Розглянуто підходи до подання ознак дактилоскопічних зразків, методи їх

зіставлення, способи агрегації оцінок при груповому порівнянні та архітектурні рішення автоматизованих систем ідентифікації, окреслено їхні обмеження. За результатами аналізу сформульовано проблему та завдання дослідження.

У другому розділі побудовано математичну модель інваріантного дескриптора мінуцій на основі евклідових характеристик. Центр мас множини мінуцій обрано опорною точкою просторової фільтрації, доведено його коваріантність до зсувів. Описано структуру дескриптора через матриці попарних відстаней і полярних кутів відносно центру мас та метод зіставлення дескрипторів різної розмірності. Ефективність моделі підтверджено експериментом на наборі FVC2000 set B.

Третій розділ присвячено методам попарного та групового порівняння дактилоскопічних зразків. Запропоновано каскадну схему порівняння з компенсацією трансляції окремим етапом та метод оцінки якості групового порівняння на основі інтегральної булевої метрики, яка враховує якість виявлених збігів і покриття групи еталонних сканів. Вибір індивідуального порога обґрунтовано лемою Неймана–Пірсона, підсумкове рішення формується кон'юнктивним правилом. Коректність побудов підтверджено на наборах FVC2000 set B та FVC2004 DB1_B.

Четвертий розділ містить технологію розроблення програмного забезпечення для масштабованого класифікатора на хмарній інфраструктурі AWS. Обґрунтовано вибір подієво-керованої безсерверної архітектури з персистентним кешуванням дескрипторів, що забезпечує автоматичне масштабування. Застосування селективної SIMD-векторизації обґрунтовано таксономією обчислювальних етапів за моделями Roofline та Universal Scalability Law.

У підсумку, дисертація є завершеною науковою працею, що оформлена відповідно до вимог «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, та «Вимог до оформлення дисертації», затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 №40.

4. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами

Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалося відповідно до плану науково-дослідних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки та за підтримки міжнародного наукового проєкту «Радіоелектроніка–Ворик: партнерські дослідження і розробки» («Radio Electronics-Warwick Allied Research and Development», REWARD). Проєкт реалізовувався Харківським національним університетом радіоелектроніки спільно з Університетом Ворика (The University of Warwick, м. Ковентрі, Велика Британія) у період з березня 2023 р. по січень 2024 р. в рамках Ініціативи побратимства університетів Великої Британії та України (UK–Ukraine University Twinning Initiative), запровадженої за фінансової та адміністративної підтримки Research England (UK Research and Innovation), Universities UK International (UUKi).

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, що представлені у дисертаційній роботі, підтверджується коректним застосуванням методів теорії груп перетворень, евклідової геометрії, теорії множин, теорії графів та математичної статистики, формальним доведенням інваріантності дескриптора до зсувів і поворотів, а також результатами експериментальної перевірки на реальних дактилоскопічних наборах FVC2000 set B і FVC2004 DB1_B та впровадженням отриманих результатів. Отримані у дисертаційному дослідженні нові наукові положення, висновки і рекомендації були представлені та обговорені на двох міжнародних наукових конференціях.

6. Практичне значення отриманих результатів

Результати дисертаційної роботи впроваджено в діяльність ІТ-фірми ІПІ «РІТ», що підтверджується відповідним актом. Запропоновані моделі, методи та технологія можуть бути використані в організаціях, які розробляють програмне забезпечення для класифікації біометричних даних за параметрами мінуцій, а також у науково-дослідних роботах з біометричної ідентифікації.

7. Дотримання вимог академічної доброчесності

За результатами аналізу тексту дисертації та публікацій автора за темою дисертації встановлено відсутність плагіату та запозичень. Таким чином, порушення академічної доброчесності в дисертаційній роботі відсутні.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

Дисертація містить нові теоретичні та практичні результати, але не позбавлена деяких недоліків.

До недоліків дисертації слід віднести наступне:

- метод кільцевої фільтрації потребує щонайменше трьох мінуцій у робочій області (формула 2.26). Унаслідок цього від 13,9 % до 21,1 % зразків отримують нульову оцінку і фактично не обробляються, проте практичні наслідки такої частки відмов та способи їх зменшення розкрито недостатньо;

- груповий метод коректно працює лише з великими групами еталонних сканів. Метрика покриття η втрачає розрізнявальну здатність при розмірі групи $|G| = 7$, а рекомендований розмір становить $|G| \geq 15$. Для систем з невеликою кількістю відбитків на одну особу це суттєво обмежує застосовність підходу;

- експериментальну перевірку проведено на чотирьох невеликих базах FVC2000 set B та одній базі FVC2004 DB1_B. Для переконливішого обґрунтування узагальнених результатів доцільно було залучити ширший набір баз даних та більші за обсягом вибірки;

- горизонтальне масштабування реалізовано як паралельне порівняння в режимі «один проти багатьох» з персистентним кешуванням дескрипторів, тобто пошук за галереєю залишається лінійним. Для великомасштабної ідентифікації доцільно було розглянути індексні структури сублінійного пошуку.

Зазначені зауваження мають характер побажань і не впливають на загальну високу оцінку дисертаційної роботи та отриманих результатів.

9. Загальні висновки щодо дисертації

Дисертаційна робота Погуляєва Юрія Сергійовича на тему «Моделі та методи розроблення програмного забезпечення для класифікації біометричних даних на основі параметрів мінуцій» представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» в галузі знань 12 «Інформаційні технології» є завершеним науковим дослідженням. Дисертація містить логічно та послідовно викладені

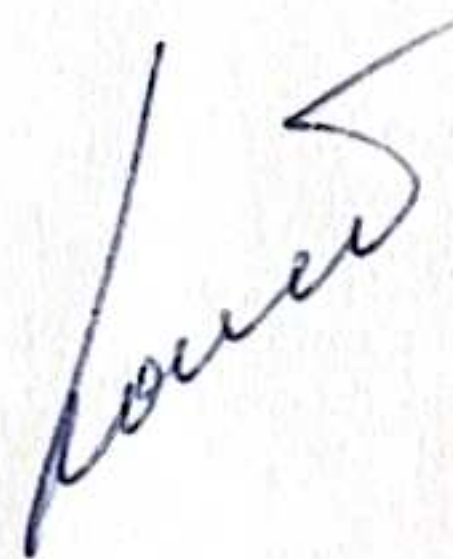
нові наукові й практичні результати, які у сукупності вирішують актуальне науково-прикладне завдання створення моделей і методів та удосконалення технології розроблення програмного забезпечення для класифікації біометричних даних на основі параметрів мінуцій.

Дисертаційна робота Погуляєва Юрія Сергійовича на тему «Моделі та методи розроблення програмного забезпечення для класифікації біометричних даних на основі параметрів мінуцій» повністю відповідає пунктам 6, 7, 8, 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

Здобувач Погуляєв Юрій Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри інформатики
Харківського національного
університету радіоелектроніки



Олег КОБИЛІН

Підпис засвідчую

Проректор з наукової роботи,
доктор технічних наук, професор
Харківського національного університету
радіоелектроніки



Юрій РОМАНЕНКОВ