

ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук

Стрілець Вікторії Євгенівни

на дисертаційну роботу Кравченка Олександра Сергійовича

на тему «Розробка методів діагностики дефектів поверхонь методами

машинного навчання»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 12 – Інформаційні технології

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації

Проблематика автоматизованої діагностики дефектів на дзеркальних оптичних поверхнях перебуває наразі в центрі уваги через різке зростання вимог до точності й швидкодії у сферах, де якість оптичних елементів визначає функціональність усієї системи. У світлі мініатюризації технологій та роботи на межі фізичних можливостей – як у лазерній оптиці, так і в квантових обчисленнях – завдання своєчасного й точного виявлення мікродефектів стає не лише технічним, а й стратегічним.

Дисертаційна робота Кравченка О. С. є відповіддю на цей виклик, адже автор пропонує нову інформаційну технологію, що ґрунтується на математичному моделюванні процесів інтерференції та використанні методів глибокого навчання. Зокрема, синтез інтерференційних картин із урахуванням геометрії дефектів, оптичних властивостей системи та реалістичного шуму відкриває шлях до створення достовірних і універсальних навчальних наборів даних. Це дозволяє забезпечити високу точність і узагальнювальну здатність нейронних моделей у задачах класифікації мікроподряпин, вм'ятин та їхніх комбінацій.

У роботі вирішено ряд задач, актуальних як для теоретичної науки, так і для сучасного машинного навчання: формалізовано модель оптичного сигналу в інтерферометрі Лінніка, побудовано обчислювальні алгоритми синтезу

картин, розроблено й валідовано архітектуру CNN-класифікатора. Все це свідчить про високу ступінь наукової новизни і прикладну важливість результатів. Робота є цілком своєчасною та здатною суттєво вплинути на подальші дослідження в галузі оптичної діагностики.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розроблено метод синтезу монохромних інтерференційних картин із урахуванням фізичних і геометричних особливостей мікроінтерферометра Лінніка для створення реалістичної синтетичної навчальної вибірки.

2. Розроблено алгоритм адаптації архітектури MobileNetV2 для класифікації чотирьох класів дефектів поверхонь (без дефектів, одна подряпина, кілька подряпин, вм'ятина) із застосуванням fine-tuning, аугментації й soft voting.

3. Запропоновано метод вдосконалення синтетичної вибірки шляхом додавання реальних артефактів (шум детектора, пилові частинки, нерівномірна контрастність) для підвищення переносимості моделей на реальні умови.

4. Створено інформаційну технологію для автоматизованого виявлення й класифікації субмікронних дефектів за мікроінтерференційними зображеннями поверхні.

Усі наукові положення, висновки та рекомендації, подані в дисертації, мають достатній рівень верифікації як з теоретичної, так і з експериментальної точок зору. Автор не обмежився декларативним формулюванням задач, а реалізував повний науково-технічний цикл, що включає побудову фізично обґрунтованих моделей, їхню програмну реалізацію, генерацію навчальних даних, тренування нейронних мереж і аналіз точності результатів. Це суттєво підвищує довіру до сформульованих висновків.

Слід відзначити, що запропонована математична модель формування інтерференційної картини враховує численні фактори: від кута нахилу еталонного дзеркала і апертури до шорсткості поверхні та геометрії дефекту. Такий рівень деталізації дозволяє синтезувати реалістичні дані, що, у свою чергу, створює міцне підґрунтя для тренування моделей машинного навчання. Крім того, в моделюванні топографії мікроподряпин і вм'ятин застосовано сучасні чисельні методи (сплайни, Perlin-шум, нелінійні функції затухання), що забезпечують фізичну відповідність моделі реальним мікрodefектам.

Результати валідації на синтетичних і реальних зображеннях є переконливими, з чітко поданими метриками якості. Інформаційна технологія, побудована на основі отриманих рішень, виглядає завершеною, функціональною та такою, що готова до інтеграції в промислові системи контролю. Ступінь обґрунтованості наукових результатів роботи можна оцінити як високий.

Таким чином поставлене в дисертаційній роботі 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 Кравченко О.С. є завершеною науковою працею та повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Комп'ютерні науки».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Кравченко О.С. 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 Кравченка О.С. написана українською мовою. Текст роботи відзначається логічною структурою, послідовністю викладення та загальною академічною грамотністю. Автор дотримується чіткої наукової логіки в подачі матеріалу: кожен розділ містить обґрунтування задачі, опис застосованих підходів, аналітичні або чисельні результати та відповідні висновки. Матеріал викладено у доступній для фахівців формі, із достатнім рівнем деталізації як для теоретичних побудов, так і для прикладних компонентів дослідження. Стиль викладення результатів відповідає вимогам до наукових дисертацій: він стриманий, об'єктивний, без емоційних оцінок чи зайвої публіцистичності.

Окремо варто відзначити належний рівень ілюстративного матеріалу – графіки, схеми, приклади синтетичних зображень та візуалізації результатів суттєво полегшують сприйняття складного технічного матеріалу. Формули й аналітичні викладки супроводжуються поясненнями, що сприяє загальній зрозумілості. Робота загалом справляє враження завершеного, технічно грамотного і зрозумілого наукового дослідження.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 183 сторінки.

Дисертація присвячена створенню інформаційної технології для автоматизованого виявлення та класифікації мікродефектів на дзеркальних поверхнях із використанням методів машинного навчання. Робота охоплює повний цикл: від аналізу проблеми до реалізації програмного комплексу й тестування моделі на реальних даних.

Перший розділ містить всебічний аналіз проблеми контролю якості дзеркальних поверхонь. Показано недоліки ручних і напівавтоматичних методів, охарактеризовано типові дефекти (подряпини, вм'ятини, включення), наведено аналіз методів інтерферометрії та обробки зображень, а також перспективність застосування ШІ у цій сфері.

Другий розділ присвячено моделюванню інтерференційної картини. Розроблено математичну модель, яка враховує параметри приладу,

топографію поверхні, вплив шорсткості, освітлення та шумів. Запропоновано алгоритм генерації інтерференційних картин з регульованими параметрами. Створено програмне забезпечення для пакетної обробки.

У третьому розділі реалізовано математичні моделі мікроподряпин і вм'ятин, включаючи фізичні ефекти, такі як глибина, флуктуації, форма профілю, зони впливу. Введено гаусівські й косинусні функції згасання, а також елементи випадковості. Результати інтегровано у генератор карт висот для навчання нейромереж.

Четвертий розділ описує машинне навчання моделі MobileNetV2 для класифікації інтерференційних картин. Успішно використано синтетичні дані, адаптовано архітектуру для чотирьох класів, реалізовано техніки стабілізації та підвищення точності. Модель продемонструвала хорошу узагальнювальну здатність на реальних зображеннях.

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 5 статтях у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України. Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Робота справляє враження цілісної і системної, однак у частині формалізації задачі машинного навчання (розділ 4) не наведено чіткого математичного формулювання задачі класифікації: простір ознак, функція

втрат, критерії оптимізації. Це ускладнює сприйняття моделі як формалізованої задачі III.

2. Автор використовує техніки аугментації та soft voting, проте конкретні реалізації (типи трансформацій, ймовірності застосування, спосіб усереднення результатів) описано недостатньо докладно. Це дещо знижує відтворюваність експериментів у зовнішньому середовищі.

3. У розділі 3 побудовані складні моделі мікродефектів, однак не подано оцінки обчислювальної складності чи часу генерації великої вибірки. Це могло б допомогти оцінити придатність технології для масштабованих задач (наприклад, тисячі зображень на день).

4. Було б бажано додати кількісне порівняння точності класифікації з традиційними методами обробки інтерференційних картин (детектори контурів, аналіз смуг тощо), щоб обґрунтувати переваги саме нейронних мереж у цьому завданні.

5. Незважаючи на високу точність класифікації, модель поки що орієнтована на фіксований набір дефектів. Було б доцільно обговорити шляхи розширення до виявлення складніших, комбінованих або нетипових дефектів.

6. Крім того, робота містить редакторські недоліки. Наприклад,

– є неоднорідності в оформленні тригонометричних функцій: аргумент інколи вказується в дужках, інколи – без;

– в деяких місцях у формулах не вистачає пробілів або є зайві.

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 Кравченко Олександра Сергійовича на тему «Розробка методів діагностики дефектів поверхонь методами машинного навчання» 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 інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю 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 Кравченко Олександр Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,
доцент закладу вищої освіти кафедри
комп'ютерних систем та робототехніки
ННІ комп'ютерних наук та штучного
інтелекту Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Вікторія СТРИЛЕЦЬ

Підпис Вікторії Стрілець засвідчую:

Начальник відділу кадрів
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна



Олена ГРОМИКО