

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Морозу Борису Івановичу

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА,
кандидата технічних наук, доцента Сергєєвої Катерини Леонідівни
на дисертаційну роботу
Хабарлака Костянтина Сергійовича
«Методи класифікації та сегментації зображень на основі змінюваних
згорткових мереж»
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

1. Загальна характеристика роботи

Повний обсяг роботи 169 сторінок, у тому числі 159 сторінок основного тексту. Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків, список використаних джерел налічує 189 найменувань.

До розгляду подано дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії та копії усіх опублікованих автором робіт, які відображають результати та зміст дослідження.

2. Оцінка актуальності теми дисертації

У дисертації представлено нове вирішення актуальної науково-практичної задачі в галузі комп'ютерних наук щодо прискорення класифікації та сегментації зображень нейронними мережами за мінімальних втрат якості. Для досягнення поставленої мети автором запропоновано змінювані мережі РТА, U-Net+РТА та методи їх навчання для задач класифікації та сегментації відповідно, та метод Λ -шаблонів для класифікації (при навчанні за кількома прикладами). Зазначені методи оцінено за якістю та швидкістю на чотирьох відкритих наборах даних: ImageNet (класифікація), CelebA-Spoof (антиспуфінг, задача класифікації), CamVid (сегментація), CIFAR-FS (класифікація в сценарії навчання за кількома прикладами).

Актуальність вирішення поставленої в дисертаційній роботі задачі зумовлена необхідністю автономної або напівавтономної обробки зображень на мобільних та крайових пристроях із обмеженими обчислювальними ресурсами, а також тих, що мусять максимально довго працювати від батареї. Прискорення виконання нейронних мереж дозволить або оброблювати більше даних за одиницю часу, або зменшувати споживання електроенергії та подовжувати час роботи від батареї, що особливо актуально у випадках обмеженого доступу до мережі Інтернет, неможливості відправки даних на сервер з міркувань конфіденційності або через завеликий об'єм необроблених даних.

Для обґрунтування мети та поставлених у роботі задач, у дисертації проведено детальний аналіз: 1) існуючих методів вирішення задач класифікації (зокрема, для навчання за кількома прикладами) та сегментації за допомогою нейронних мереж, 2) практичних застосунків в системах контролю доступу, пошуку та розпізнавання облич, їх анімації, ідентифікації стану водія та антиспуфінгу; 3) існуючих методів покращення якості виконання нейронних мереж. Автором розглянуто достатньо велику кількість сучасних робіт науковців з усього світу. Тема дисертаційного дослідження Хабарлака К.С. є актуальною та важливою для вирішення задач, зокрема зазначених вище.

3. Оцінка наукових результатів дисертації

Вирішення поставлених завдань дисертаційної роботи виконано на основі нових наукових положень, які полягають у наступному:

- запропоновано змінювану згорткову нейронну мережу, що дозволяє змінювати кількість згорткових шарів нейронної мережі. В рамках підходу в єдиній нейронній мережі створюється декілька конфігурацій блоків, кожна з яких має своє співвідношення якості до часу роботи, а, використовуючи запропонований метод навчання, перемикання в блоках можливе без додаткових ітерацій навчання. Зростання ефективності завдяки запропонованому методу навчання показано на задачах класифікації та сегментації;
- запропоновано метод Λ -шаблонів, що дозволяє прискорювати навчання нейронної мережі за незначних втрат якості для задачі класифікації за малою кількістю навчальних прикладів;
- подальший розвиток отримали базові нейронні мережі класифікації та сегментації зображень, де стала можливою зміна складності мережі;
- покращено систему контролю доступу із RFID мітками, де було зменшено час виконання конвеєру обробки зображень;
- та метод MAML, де зменшено час донавчання згорткової мережі до нових класів за кількома навчальними прикладами.

4. Оцінка практичного значення результатів роботи

Отримані автором результати можуть бути використані для вирішення задач обробки та аналізу зображень як на мобільних, крайових пристроях, так і на стаціонарних, серверних комп'ютерах.

Здобувач є виконавцем науково-дослідних робіт: «Розробка нових мобільних інформаційних технологій для ідентифікації особи та класифікації об'єктів навколишнього світу» (№ державної реєстрації 0121U109787); «Розробка нових адаптивних інформаційних технологій для розпізнавання об'єктів навколишнього світу» (№ державної реєстрації 0123U100012).

Запропоновані у дисертації технічні рішення впроваджені в системах аналізу зображень та дотримання правил безпеки в Придніпровському науковому центрі та Інституті геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова.

Результати проведених досліджень застосовуються у навчальному процесі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» при викладанні навчальних дисциплін «Самонавчання складних систем» та «Methods and systems of artificial intelligence».

Результати впровадження підтверджені відповідними актами.

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень і висновків дисертації

Наукові положення, висновки та пропозиції у достатній мірі обґрунтовані результатами експериментів на відкритих наборах даних, їх порівнянням із новітніми науковими розробками інших авторів та практичними застосуваннями.

Нові наукові результати та положення повністю відображені у 25 роботах: 3 статті, що входять до наукових баз Scopus або Web of Science, 3 статті, що входять до переліку фахових за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки, 18 тез доповідей у всеукраїнських та міжнародних конференціях, 1 авторське свідоцтво. Результати роботи достатньо висвітлено та апробовано на всеукраїнських та міжнародних конференціях. Кількість публікацій, їх повнота та обсяг у достатній мірі відображають особистий внесок автора і відповідають вимогам, що висуваються до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

6. Оцінка змісту й оформлення дисертації

Дисертаційна робота написана українською мовою. В роботі використаний науковий стиль та загальноприйнята термінологія. Робота виконана в чіткій логічній послідовності відповідно до поставлених мети та задач досліджень.

У дисертаційній роботі вирішено актуальне питання прискорення роботи згорткових нейронних мереж в задачах класифікації та сегментації, із

зростанням якості розпізнавання або при незначних її втратах за рахунок розробки змінюваних нейронних мереж і методів їх навчання.

Постановка науково-прикладної задачі, вирішенню якої присвячена дисертаційна робота, є коректною. В роботі розглянуто окремі складові задачі, а саме: вирішення задач класифікації, сегментації та навчання за кількома прикладами.

У **першому розділі** «Аналіз предметної області. Проблеми систем класифікації та сегментації зображень на основі нейронних мереж для пристроїв із різними обчислювальними можливостями» розглянуто існуючі підходи вирішення задач класифікації, сегментації, проаналізовано використання нейронних мереж в практичних застосунках, методи покращення якості розпізнавання та методи навчання нейронних мереж за кількома прикладами. Обґрунтовано вибір базових архітектур нейронних мереж та методів їх навчання для реалізації змінюваної нейронної мережі.

У **другому розділі** «Змінювана згорткова нейронна мережа для задачі класифікації зображень та метод її навчання» запропоновано змінюваний блок РТА, змінювану мережу РТА на його основі та метод навчання такої мережі. Проведено експериментальне дослідження на двох наборах даних – ImageNet (класифікація) та CelebA-Spoof (антиспуфінг) На першому проведено порівняння з іншими провідними архітектурами нейронних мереж та показано покращення ефективності виконання нейронної мережі у порівнянні з базовою за незначної втрати якості. На другому продемонстровано прискорення виконання та покращення кінцевої якості. Заміри часу виконання проведено на декількох категоріях пристроїв (крайовий, смартфони, портативні комп'ютери), наведено довірчі інтервали замірів.

У **третьому розділі** «Система контролю доступу із використанням змінюваної нейронної мережі» показано впровадження змінюваної згорткової мережі, навченої в розділі 2 в системі контролю доступу. Автором розроблено мобільний застосунок, що виконує аналіз зображень (пошук обличчя та антиспуфінг); та додатки для ПК: 1) серверний застосунок із бізнес логікою та що працює із базою даних; 2) панель моніторингу для ПК. В розділі наведено блок-схеми основних процедур системи контролю доступу, вказано перелік використаних технологій та наведено приклади роботи (скріншоти інтерфейсу застосунків).

У **четвертому розділі** «Змінювана згорткова мережа для задачі сегментації зображень та метод її навчання» запропоновано змінювану мережу та метод її навчання для сегментації зображень. В розділі наведено опис розробленої змінюваної мережі, проведено експериментальні дослідження, за результатами яких продемонстровано прискорення виконання мережі при дещо вищій якості за метрикою Dice.

В п'ятому розділі «Метод Λ -шаблонів прискорення навчання нейронної мережі для класифікації зображень за кількома прикладами» обґрунтовано, чому для методів навчання за кількома прикладами використання змінюваної мережі є недоцільним, та запропоновано інший метод прискорення (метод Λ -шаблонів). Проведено експериментальні дослідження, що показали прискорення адаптації за незначної втрати якості.

7. Зауваження до дисертаційної роботи

1. В розділі 1 варто було б розширити порівняння архітектур U-Net та Hourglass, вказавши не лише обчислювальну складність та кількість параметрів, але й відмінності в використаних типах шарів нейронних мереж.
2. В розділі 2 автором зазначено, що кожна з гілок змінюваного блоку PTA «...має власні, не спільні з іншою, ваги», доцільно було б експериментально обґрунтувати, чому використання спільних ваг згорткових шарів між легкою та важкою гілками є недоцільним.
3. Для змінюваної мережі як в задачі класифікації, так і сегментації автор завжди використовує 3 змінювані блоки, фіксує кількість конфігурацій шістьма та показує зростання ефективності. З одного боку, це означає, що запропонований метод для використання на практиці не вимагає додаткового пошуку гіперпараметрів, спрощуючи його впровадження. З іншого боку, постає питання, котре авторові доцільно було б дослідити, а саме: чи є такі налаштування оптимальними та чи існує залежність оптимальної (за використаними в роботі метриками) кількості блоків та їх спільної конфігурації від задачі, набору даних або обчислювальної складності базової мережі?
4. Для оцінки якості побудованої моделі в задачі сегментації використано лише одну метрику Dice, доцільно було б навести обґрунтування вибору саме цієї метрики для порівняння якості методів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними, не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

8. Висновок про дисертаційну роботу

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, ознайомившись із науковими публікаціями та дисертацією К. С. Хабарлака, відзначаю відсутність порушень академічної доброчесності.

Вважаю, що дисертація К. С. Хабарлака на тему «Методи класифікації та сегментації зображень на основі змінюваних згорткових мереж» подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні

науки» є завершеним науковим дослідженням, яке вирішує актуальну задачу прискорення роботи згорткових нейронних мереж при класифікації та сегментації зображень. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені наказом МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та «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 Хабарлак Костянтин Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Рецензентка:

кандидатка технічних наук, доцентка,
доцентка кафедри інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

Катерина СЕРГЄЄВА