

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
д.т.н., професору Борису МОРОЗУ

ВІДГУК

офіційного опонента на кваліфікаційну наукову працю (дисертацію) Хабарлака Костянтина Сергійовича «Методи класифікації та сегментації зображень на основі змінюваних згорткових мереж» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

АКТУАЛЬНІСТЬ ОБРАНОЇ ТЕМИ

Метою дисертаційних досліджень Хабарлака Костянтина Сергійовича є прискорення навчання і виконання згорткових нейронних мереж для задач класифікації та сегментації зображень без помітних втрат якості розпізнавання за рахунок розробки змінюваних нейронних мереж і методів їх навчання.

Основною проблемою при створенні сучасних автоматизованих систем обробки інформації є застосування математичних методів, що одночасно мають задовольняти двом характеристикам: швидкодія, бажано наближено до реального часу, та адекватність отриманого на основі методу результату. Часто адекватність розуміють у контексті відповідності математичної моделі, що побудовано на основі математичного апарату, наявним даним. Зазначені характеристики у нетривіальному випадку можуть вступати у протиріччя одна до одної, а саме: підвищення адекватності потребує ускладнення математичної моделі, що автоматично збільшує її обчислювальну складність, тож збільшує час обчислень. З іншого боку, для забезпечення швидкодії обчислень постає вимога спрощення математичної моделі.

Вирішення згаданої проблеми є дотичним до вирішення основної задачі машинного навчання, тобто, отримання на основі наявних даних, математичної моделі оптимальної ємності, на якій не мінімізується похибка навчання, а мінімізується похибка узагальнення. Тобто, зменшення складності моделі може забезпечувати необхідну її ємність, а отже і забезпечувати зменшення обчислювальної складності без втрати цільового призначення моделі. Зокрема, нейромережеві моделі, як найбільш «гнучкий» математичний апарат, дозволяють широке поле експериментальних досліджень в зазначеній проблематиці, тому кваліфікаційна робота Хабарлака К.С., виходячи з таких міркувань, є актуальною.

З іншого боку, практичний акцент роботи здобувача зосереджено на отриманні та застосуванні моделей, що розгорнуто на пристроях з відносно обмеженими обчислювальними ресурсами (мобільні телефони, одноплатні комп'ютери, тощо). Даний контекст набуває особливої актуальності в Україні у зв'язку з відбиттям збройної агресії з боку російської федерації, адже Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 серпня 2017 року №600-р зі змінами від 23.02.2022 «Деякі питання розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки», зокрема пункт «Технології машинного навчання, штучного інтелекту, нейронних мереж для проектування, виробництва та експлуатації військової та спеціальної техніки», визначає можливість використання результатів дослідження Хабарлака К.С. при розробці

безпілотних систем повітряної розвідки та підсистем пошуку цілей та наведення для ударних дронів. Виходячи із зазначеного отримані в роботі результати є такими, що відносяться до категорії подвійного призначення.

АНАЛІЗ ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертація складається із анотації, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Робота містить 169 сторінок, у тому числі: 159 сторінок основного тексту, 22 рисунки, 25 таблиць, список використаних джерел налічує 189 найменувань

У вступі до дисертації відзначено актуальність розробки та досліджень підходів щодо зменшення часу виконання нейромережових моделей з можливістю вибору конфігурації після навчання, відповідно до обмежених обчислювальних ресурсів пристроїв, на яких вона розгортається. Окреслено науково-технічну задачу, визначено об'єкт, предмет дослідження, мету та завдання досліджень, наукову новизну та практичну цінність роботи. Вказаний зв'язок теми дисертації з науковими програмами та темами, особистий внесок здобувача в публікаціях, виконаних у співавторстві подано результати впровадження та апробацію результатів роботи.

В першому розділі дисертації проведено аналіз застосування нейронних мереж в задачах класифікації та сегментації зображень. Окремо проведено огляд підходів розпізнавання облич, дотично до систем контролю доступу. Весь оглядовий матеріал подано в контексті подальших досліджень можливості його використання в задачах розробки моделей для систем з обмеженими обчислювальними ресурсами та можливості мета навчання моделей на малому обсязі прикладів. Відмічаю глибоке та змістовне охоплення здобувачем питань проблематики наукового пошуку. На основі висновків до розділу окреслено задачі та моделі мереж для дослідження, які відповідають обраному в дисертації напрямку.

У другому розділі дисертації запропоновано модель змінюваної загорткової мережі для задач класифікації. Фактичній модифікації було піддано модель мережі MobileNetV2, шляхом вбудовування додаткового розгалуження, що має меншу обчислювальну складність виконання за рахунок меншої кількості шарів та блоків. Запропоновано оригінальний алгоритм навчання та вибору блоку при реалізації класифікатора, залежно від очікуваної користувачем обчислювальної можливості пристрою для розгортання моделі. Експериментально доведено, що запропонована модель має ряд переваг або не поступається за ефективністю при застосуванні на мобільних пристроях при вирішенні задач класифікації та для вирішення задачі антиспуфінгу.

Третій розділ дисертації присвячено розробленій здобувачем автоматизованій системі контролю доступу на основі класифікатора змінювальної загорткової мережі. Надано опис реалізованих алгоритмів, подано блок-схеми, UML-діаграми, приклади розробленого інтерфейсу користувача та приклади тестування системи.

У четвертому розділі концепцію моделі змінюваної мережі узагальнено для задач сегментації зображень. Зокрема змінювальний блок запропоновано інтегрувати у модель для сегментації U-Net з кодувальником MobileNetV2. Проведені експерименти дозволяють вважати запропонований підхід вдалим, адже отримано підвищення швидкодії виконання моделі з одночасним підвищенням якості, ніж оригінальна, не модифікована мережа.

П'ятий розділ роботи присвячено дослідженню задачі мета-навчання моделей за малою кількістю прикладів. Автором пропонується підхід для пришвидшення процесу донавчання мережі CNN4 за рахунок не оновлення вагових коефіцієнтів на окремих притаєних шарах моделі при зворотному поширенні градієнта кросентропії. Сам запропонований підхід має евристичний характер та спирається на відомий метод MAML (model-agnostic meta-learning). В розділі експериментально показано можливість досягати прискорення навчання без суттєвих втрат точності класифікації при малій кількості навчальних прикладів.

Висновки до дисертації складаються з п'яти пунктів, в яких висвітлено основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

Додатки Б, В, Г містять акти про впровадження результатів дисертаційних досліджень Хабарлака К.С.

СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНOSTІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ

В дисертаційній роботі при обґрунтуванні наукових положень використано методи машинного навчання, глибокого навчання, метанавчання, теорія оптимізації, теорія алгоритмів та принципи функціонального й об'єктно-орієнтовного програмування для побудови програмного забезпечення. Наукові положення та висновки дисертаційної роботи обґрунтовані з достатнім рівнем, є достовірними, відповідають вимозі наукової новизни. Адекватність отриманих автором теоретичних результатів підтверджена проведеними експериментальними дослідженнями на реальних даних та актами про впровадження та використання державними організаціями та установами.

Всі результати дисертаційних досліджень повно відображено у публікаціях автора у фахових виданнях України та у виданнях, що індексуються у провідних світових наукометричних базах.

ДОСТОВІРНІСТЬ І НОВИЗНА НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ І РЕКОМЕНДАЦІЙ

В дисертаційній роботі отримано нові наукові положення, які в сукупності вирішують задачу автоматизації вирішення задач класифікації та сегментації зображень на основі змінюваних згорткових мереж на пристроях з обмеженими обчислювальними можливостями.

З аналізу наведених у вступі нових наукових результатів можна відзначити, що вони є внеском в розвиток машинного та глибокого навчання моделей автоматизованої обробки цифрових зображень. Отримані автором результати можуть бути рекомендовані для використання при розробці автоматизованих систем широкого спектра застосування, зокрема в системах контролю доступу, системах на мобільних пристроях, зокрема телефонів, роботизованих мобільних пристроях для вирішення задач комп'ютерного зору та в системах подвійного призначення, зокрема при розробці підсистем цільового навантаження БПЛА.

ЗАУВАЖЕННЯ ПО РОБОТІ

1. В тексті роботи мають місце деякі стилістичні неточності. Наприклад на стор. 28 останній абзац містить фразу: «методи градієнтного спуску та зворотного розповсюдження помилки для навчання нейронної мережі». Фактично ж, відомий метод зворотного розповсюдження помилки використовується для обрахунку координат вектора градієнта функції втрат і безпосередньо самі параметри моделі не змінює, на відміну від згаданого автором методу градієнтного спуску.

2. Можливо, не зовсім вдало сформульовано другий пункт наукової новизни роботи. Зокрема, зазначено, що: «метод Λ -шаблонів... на відміну від існуючих, дозволяє за рахунок зміни складності нейронної мережі зменшити кількість обчислень під час навчання». Варто згадати відомий метод регуляризації прорідженням (dropout), який теж можна вважати таким, що певним чином змінює складність мережі та впливає на кількість обчислень при навчанні.

3. На сторінці 97 в таблиці 3.2 наведено порівняння часу обрахунків для різних мобільних приладів у вигляді статистик середнього та середньоквадратичного відповідних часових інтервалів. Можливо вибір статистик для порівняння є не зовсім відповідним, адже, швидше за все, розподіл інтервалів має ліво асиметричну функцію щільності. Крім того, якщо статистики середніх на двох різних пристроях різняться приблизно у два рази, то середньоквадратичні – в чотири і більше. Останнє може бути свідченням неоднорідності даних на більш повільному пристрої і ознакою того, що розподіл інтервалів часу обумовлений сумішню розподілів.

4. На сторінці 122 в таблиці 5.2 наведено отримані автором статистики прискорення адаптації в залежності від шаблону Λ і кількості кроків адаптації. Порівнюючи результати в таблиці, автор використовує показники у відсотках з точністю до другого знаку після коми, наприклад: «При використанні шаблону $\Lambda = \{0, 1, 1, 1, 1\}$ можна досягти прискорення на 14,96 % при втратах якості у 1,25 %». Подібні порівняння (з зазначеною точністю у відсотках) стосовно випадкових величин не несуть змістовності. Можливо, більш вірним було б перевіряти статистичні гіпотези про статистично значущу відмінність отриманих статистик, причому на основі не тільки даних, наведених у таблиці, а і на основі оцінок їх варіабельності.

Проте, відмічені зауваження не носять принципового характеру та не впливають на загальне позитивне враження від роботи.

ВИСНОВОК ПО РОБОТІ

В дисертаційній роботі Хабарлака К.С. «Методи класифікації та сегментації зображень на основі змінюваних згорткових мереж» вирішується науково-технічна задача застосування на пристроях з обмеженими обчислювальними можливостями запропонованих автором моделей змінюваних нейронних мереж, методів їх навчання та регуляризації. Робота є науковою працею спрямованою на впровадження технологій машинного та глибокого навчання складних багатопараметричних моделей для цифрової обробки зображень в автоматизованих системах комп'ютерного бачення.

Робота відповідає вимогам актуальності, наукової новизни та практичної цінності.

Викладення матеріалу – логічне та послідовне. Роботи автора, які опубліковані в фахових виданнях та виданнях, що входять до наукометричних баз, відображають основні наукові положення, висновки та рекомендації дисертації. Результати наукових досліджень мають апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях. Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам ДСТУ.

Вважаю, що робота відповідає змісту та компетентностям освітньо-наукової програми доктора філософії, за якою навчався здобувач, вимогам «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 2022р. №44, а її автор – Хабарлак Костянтин Сергійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент:
завідувач кафедри прикладної
математики Національного
авіаційного університету
доктор техн. наук, проф.

Пилип ПРИСТАВКА