

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Василю ТЕСЛЮКУ

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора

Пелешка Дмитра Дмитровича

на дисертаційну роботу

Лящинського Петра Борисовича

«Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 *Комп'ютерні науки*
(галузь знань 12 *Інформаційні технології*)

1. Актуальність теми.

У сучасній медицині питання опрацювання біомедичних зображень має велике значення. Сучасні автоматичні системи діагностування оперативно та точно обробляють зображення та ставлять попередні діагнози. Використання глибоких нейронних мереж для задач класифікації біомедичних зображень дозволяє автоматизувати процес діагностики, знижуючи ризик помилок та підвищуючи загальну ефективність медичних послуг.

Проте однією з головних перешкод для впровадження цих технологій є обмеженість доступних навчальних наборів даних, особливо цитологічних, гістологічних та імуногістохімічних зображень. Оскільки алгоритми машинного навчання потребують великих обсягів даних для ефективного навчання та досягнення високої точності класифікації то недостатня кількість зображень значно обмежує їхні можливості.

У своїй дисертаційній роботі Лящинський П.Б. пропонує інноваційні методи автоматичного синтезу архітектур нейронних мереж, які можна використовувати для розширення та класифікації вибірок біомедичних зображень. Використання синтетичних зображень дозволяє заповнити прогалини у навчальних даних та забезпечити високу точність діагностики, особливо у випадках, коли набори навчальних зображень є малими за обсягом.

Виходячи з цього, тема дисертаційного дослідження Лящинського П.Б. є безумовно актуальною.

2. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертаційній роботі автором дисертації вирішено актуальне наукове завдання, що полягає в розробці та вдосконаленні методів і засобів синтезу та розширення навчальних наборів для підвищення точності класифікації біомедичних зображень з використанням глибоких нейронних мереж. При цьому отримано такі нові результати:

вперше розроблено:

- метод автоматичного синтезу архітектур згорткових нейронних мереж для класифікації біомедичних зображень, який завдяки використанню фаз мікропошуку та макропошуку забезпечує створення архітектур нейронних мереж з підвищеною точністю класифікації біомедичних зображень;
- метод автоматичного синтезу архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж для генерування біомедичних зображень, що завдяки використанню механізмів самоуваги в генераторі й дискримінації та синтезу зображень за мітками забезпечує підвищення якості синтезованих зображень;

вдосконалено:

- метод генерування та класифікації біомедичних зображень, що за рахунок використання методів автоматичного синтезу архітектур згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж забезпечив розширення та

- доповнення навчальної вибірки біомедичних зображень для навчання згорткових нейронних мереж;
- модель опису архітектур нейронних мереж, яка завдяки використанню теоретико-множинного підходу забезпечила формалізацію представлення згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків дисертації та їх достовірність, повнота оприлюднення результатів роботи.

Оцінка змісту дисертації, а також використаних методів та їх застосування свідчить про високий рівень обґрунтованості наукових результатів. Усі наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертації, підкріплені ретельним теоретичним аналізом, практичними результатами та даними з науково-технічної літератури.

Отримані автором результати можуть бути використані при створенні діагностичних систем для медичної галузі. Проте, на мою думку, використання розроблених автором методів не обмежується тільки сферою медицини. Розроблені методи цілком можуть бути використані для інших класів зображень. Тому результати цієї роботи мають потенціал для застосування в інших галузях. Це підкреслює універсальність і значущість проведених досліджень, які можуть суттєво сприяти розвитку технологій штучного інтелекту та їх впровадженню у найрізноманітніші сфери діяльності, підвищуючи ефективність і точність підтримки прийняття рішень.

Впровадження результатів дисертації в діяльність ТзОВ «Інститут біомедичних технологій» підтверджує її практичну цінність. Крім того, на кафедрі комп'ютерної інженерії Західноукраїнського національного університету результати цієї дисертації використано для підготовки таких дисциплін, як «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту», «Методи розпізнавання зображень і комп'ютерний зір», «Технології машинного навчання» та «Теоретичні основи штучного інтелекту».

Основні наукові результати дисертації опубліковано у 18 працях, зокрема: п'ять статей у наукових фахових періодичних виданнях України; дві статті у наукових фахових виданнях України, що включені до наукометричної бази Web of Science; сім публікацій у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових і науково-технічних конференцій (п'ять з яких входять до наукометричної бази Scopus); один розділ у колективній монографії у наукових виданнях іншої держави; одна стаття на іноземному сервісі arXiv.org (Cornell University); одна стаття у наукових періодичних виданнях іншої держави (Scopus, Q1); та зареєстроване авторське право.

В опублікованих працях повною мірою розкрито та апробовано основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних автором особисто.

Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

4. Аналіз змісту.

Основна частина роботи складається з вступу, чотирьох розділів та висновків.

У *вступі* розглядається актуальність теми дослідження, визначено мету та завдання, наукову новизну та практичну значущість.

У *першому розділі* проведено аналіз біомедичних зображень (цитологічних, гістологічних та імуногістохімічних), а також аналіз класичних архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж (GAN) для синтезу цих зображень. Проаналізовано алгоритми навчання GAN і алгоритми навчання нейронних мереж на основі градієнтного спуску, а також метрики для оцінки подібності синтетичних і реальних зображень. Виявлено, що існуючі архітектури GAN не задовольняють вимоги якості зображень для навчання класифікаторів.

Другий розділ описує розробку методу синтезу архітектур згорткових нейронних мереж (CNN). Проведено порівняння створеної архітектури з іншими дослідженнями для класифікації цитологічних зображень, використовуючи набір даних Sipakmed. Метод синтезу складається з етапів мікро- та макропошуку, що оптимізують архітектуру комірки та кількість комірок відповідно. Порівняння показало, що запропонована архітектура перевершує існуючі за точністю класифікації (99,125%).

У *третьому розділі* розроблено метод синтезу архітектур GAN, який включає два етапи: пошук архітектури генератора з фіксованим дискримінатором та пошук архітектури дискримінатора з найкращим генератором. Порівняння якості синтетичних зображень, створених оптимізованою архітектурою, з іншими GAN показало, що запропонована архітектура генерує зображення кращої якості за метрикою FID (3,39). Також розроблено автоматичний метод синтезу біомедичних зображень.

Четвертий розділ описує функціональні та системні вимоги до програмного засобу та його реалізацію. Розроблено архітектуру програмного засобу, використовуючи сучасні технології проектування та розробки програмного забезпечення. Програмний засіб базується на клієнт-серверній модульній архітектурі та забезпечує можливість горизонтального масштабування за потреби. Використано UML діаграму класів для розробки структури бази даних. Основні модулі програми включають модулі наборів даних, класифікаторів та генераторів, що дозволяють використовувати як відомі, так і власні архітектури нейронних мереж для синтезу та класифікації біомедичних зображень.

У висновках дисертаційної роботи викладено основні результати, які узгоджуються з поставленою метою та завданнями дослідження.

5. Зауваження та дискусійні положення щодо дисертації

Зауваження до дисертаційної роботи такі:

1. У роботі автор використовує згорткові нейронні мережі для класифікації зображень. Доцільно було б здійснити порівняння з іншими методами класифікації.
2. Для формування початкової навчальної вибірки для GAN мереж використано методи спотворення зображень в афінному просторі. Перехід в топологічний простір дозволив би синтезувати потужнішу вибірку.
3. Автор здійснює порівняння окремих архітектур нейронних мереж для класифікації зображень. Проте, у роботі не розглядалася можливість використання ансамблів архітектур нейронних мереж.
4. В розділі 3.2 приведена узагальнена схема реалізації методу синтезу біомедичних зображень. Доцільно було б її деталізувати.
5. Автор використав сучасні технології для проектування та розробки програмного засобу. Проте, варто було б додати обґрунтування вибору саме цих технологій. Наприклад, замість RabbitMQ можна використати Apache Kafka.
6. У тексті дисертаційної роботи є стилістичні неточності та орфографічні помилки.

Наведені зауваження ніяк не впливають на високий рівень роботи, її практичну цінність і загальну позитивну оцінку.

7. Висновок.

Дисертація Лящинського Петра Борисовича під назвою «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» є самостійною та завершеною науковою працею, яка відзначається значною науковою новизною та практичною цінністю отриманих результатів. Результати дисертації мають важливе значення для галузі знань 12 Інформаційні технології та спеціальності 122 Комп'ютерні науки. Зміст дисертації відповідає темі дослідження та паспорту спеціальності. У роботі досягнуто поставлених цілей. Дисертація вирішує завдання дослідження, а також відповідає структурним, мовним та

стилістичним вимогам постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. (зі змінами) «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення про присудження ступеня доктора філософії».

Автор дисертації, Ляцинський Петро Борисович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, професор,
професор каф. кібербезпеки
Львівського національного університету
імені Івана Франка



Дмитро ПЕЛЕШКО

Підпис д.т.н., професора Пелешка Д. Д.

«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Львівського національного
університету імені Івана Франка
к.психол.н., доцент

Ольга ГРАБОВЕЦЬКА

