

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

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника

Опотяка Юрія Володимировича

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 дисертації.

На сучасному етапі спостерігається швидкий розвиток штучного (генеративного) інтелекту, який охопив всі сфери життя людства – від сільського господарства до космічних досліджень. Не стало винятком використання штучного інтелекту в медицині. Сучасні класифікатори біомедичних зображень базуються на глибоких нейронних мережах. Однак для їх ефективного використання потрібно мати значні за обсягом навчальні вибірки, що складно у випадку біомедичних зображень.

Особливо це важливо для рідкісних захворювань, коли доступних зображень недостатньо для ефективного навчання моделей нейронних мереж. Тому для забезпечення високої точності діагностики необхідно використовувати синтетичні зображення.

Дослідження Лящинського П.Б. розглядає питання ефективного навчання моделей нейронних мереж та підвищення точності діагностичних процедур. Розроблені методи дозволяють значно розширити вибірки біомедичних зображень, що дозволяє підвищити точність класифікації за допомогою глибоких нейронних мереж. Тому тема дисертаційного дослідження є актуальною.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків дисертації та їх достовірність.

У дисертації містяться наукові положення, висновки та рекомендації, які ґрунтуються на теоретичному аналізі, результатах практичного застосування та апробації на наукових міжнародних конференціях і наукових семінарах кафедр автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка» та комп'ютерної інженерії Західноукраїнського національного університету.

Виконане комплексне тестування засобів і розроблених методів дозволяє підтвердити достовірність отриманих результатів. Теорія, практичне застосування та відповідні наукові публікації підтверджують отримані результати дослідження.

Загалом, основні наукові результати дисертації опубліковано у 18 працях, з них: 5 статей – у наукових фахових періодичних виданнях України; 2 статті – у наукових фахових періодичних виданнях України, що входять до наукометричної бази Web of Science; 7 публікацій – у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових, науково-технічних конференцій (5 із них входять до наукометричної бази Scopus); розділ колективної монографії – у наукових періодичних виданнях іншої держави; одна стаття – на іноземному сервісі arXiv.org (Cornell University); одна стаття – у наукових періодичних виданнях іншої держави (Scopus, Q1); авторське право.

В опублікованих працях достатньо повно розкрито та апробовано основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, що виконані 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. Все це свідчить про високий ступінь достовірності та обґрунтованості результатів дисертації.

3. Наукова новизна одержаних результатів.

У дисертаційній роботі автором розв'язане актуальне наукове завдання, яке полягає в розробленні, вдосконаленні методів і засобів синтезу та розширення навчальних наборів для підвищення точності класифікації глибокими нейронними мережами біомедичних зображень. При цьому автором одержано такі нові результати:

вперше розроблено:

- метод автоматичного синтезу архітектур згорткових нейронних мереж для класифікації біомедичних зображень, що використовує фази мікропошуку та макропошуку і забезпечує створення архітектур нейромереж з підвищеною точністю класифікації біомедичних зображень;
- метод автоматичного синтезу архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж для задач генерування біомедичних зображень, що використовує механізми самоуваги в генераторі і дискримінаторі та синтез зображень за мітками, забезпечує підвищення якості синтезованих зображень;

вдосконалено:

- метод генерування та класифікації біомедичних зображень, який, 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, за рахунок використання теоретико-множинного підходу, забезпечила формалізацію представлення згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж.

4. Практична цінність одержаних результатів.

Розроблені автором засоби генерування та класифікації біомедичних зображень розширюють та доповнюють навчальні набори біомедичних зображень для навчання згорткових нейронних мереж. Одержані автором наукові положення та практичні результати можуть бути використані при побудові різноманітних систем діагностики онкологічних захворювань з використанням біомедичних зображень в медицині. Також практичну цінність наукових результатів дисертації підтверджено їх впровадженням у ТзОВ «Інститут біомедичних технологій». Результати дисертаційної роботи використано при підготовці навчальних дисциплін на кафедрі комп'ютерної інженерії Західноукраїнського національного університету: «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту», «Методи розпізнавання зображень і комп'ютерний зір», «Технології машинного навчання», «Теоретичні основи штучного інтелекту».

5. Характеристика структури та змісту дисертаційної роботи.

Дисертація Лящинського П. Б. містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додатки. Повний обсяг дисертації становить 196 сторінок, з яких 141 сторінка основного тексту, включаючи 83 рисунки, 24 таблиці та 7 додатки.

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

У *першому розділі* автор проводить аналіз біомедичних зображень (цитологічних, гістологічних та імуногістохімічних). Автором проаналізовано та проведено порівняння класичних архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж для синтезу біомедичних зображень, проаналізовано алгоритми навчання генеративно-змагальних мереж, проведено аналіз та порівняння алгоритмів навчання нейронних мереж на основі градієнтного спуску, проаналізовано та здійснено порівняння метрик для оцінки подібності синтетичних і реальних зображень.

У *другому розділі* розроблено метод синтезу архітектур згорткових нейронних мереж, що складається з кроків мікропошуку та макропошуку. Проведено порівняння архітектури, синтезованої розробленим методом, з іншими відомими дослідженнями для класифікації цитологічних зображень, використовуючи набір даних Sipakmed. Також, здійснено порівняння оптимізованої архітектури нейромережі із відомими архітектурами, використовуючи набір цитологічних зображень.

У *третьому розділі* розроблено метод для синтезу архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж, який складається із двох кроків: пошук архітектури генератора із фіксованим дискримінатором та пошук архітектури дискримінатора із найкращим генератором. Також здійснено порівняння якості синтезованих зображень, створених оптимізованою архітектурою, із зображеннями синтезованими іншими відомими архітектурами генеративно-змагальних мереж. У розділі також описано розроблений автоматичний метод синтезу біомедичних зображень.

У *четвертому розділі* описано функціональні та системні вимоги до програмного засобу та його програмну реалізацію. У розділі розроблено архітектуру програмного засобу із використанням сучасних технологій в проектуванні та розробці програмного забезпечення. Програмний засіб побудовано з використанням клієнт-серверної модульної архітектури, що дає змогу розгортати компоненти системи або на локальному комп'ютері, або на будь-якій хмарній інфраструктурі.

У висновках дисертаційної роботи сформульовано основні результати роботи, які повністю розкривають поставлені завдання дослідження.

6. Зауваження та дискусійні положення щодо дисертації.

Зауваження до дисертації наступні:

1. Процес навчання генеративно-змагальних нейронних мереж варто б було представити візуально, використовуючи блок-схеми, для кращого сприйняття.
2. У розділі 1.5 не здійснено порівняння синтезованих зображень за метрикою IS.
3. При аналізі біомедичних зображень (цитологічних, гістологічних та імуногістохімічних) доцільно було б здійснити їх порівняння з точки зору точності у діагностуванні онкологічних захворювань.
4. Великі рисунки (2.1, 3.1, 3.2) варто було б винести в додатки.
5. Розроблена програма побудована на основі клієнт-серверної архітектури. Проте, автором не розглядалася можливість розробки локальної програми на відомих платформах типу Windows/Linux.
6. Хорошим доповненням до UML-діаграм розробленого програмного засобу була б загальна блок-схема роботи програми, або хоча б окремих модулів.

Варто зазначити, що наведені зауваження ніяк не впливають на загальний високий рівень виконаної роботи, не зменшують її практичну цінність і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

7. Висновок.

Дисертація Лящинського Петра Борисовича «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» є завершеною науковою працею, у якій містяться нові науково-обґрунтовані результати. У роботі автором розв'язано наукове завдання: розроблення, вдосконалення методів і

засобів синтезу та розширення навчальних наборів для підвищення точності класифікації глибокими нейронними мережами біомедичних зображень.

Одержані наукові та практичні результати мають важливе значення для спеціальності 122 *Комп'ютерні науки* та галузі знань 12 *Інформаційні технології*.

Зміст дисертаційної роботи відповідає обраній темі та паспорту спеціальності, забезпечує досягнення поставленої мети і вирішення завдання дослідження. За структурою, мовою та стилем викладення дисертаційна робота відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами) «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Лящинський Петро Борисович, заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 *Комп'ютерні науки*.

Рецензент:

Кандидат технічних наук, ст.н.с.,

доцент каф. автоматизованих систем управління

Національного університету

«Львівська політехніка»

Юрій ОПОТЯК

Підпис к.т.н., ст.н.с. Опотяка Ю. В.

«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного університету

«Львівська політехніка»,

к.т.н., доцент

Роман БРИЛИНСЬКИЙ



29.07.2024