

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

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора

Цмоця Івана Григоровича

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.

Завдяки стрімкому розвитку штучного інтелекту, методів та алгоритмів машинного навчання розробляються сучасні класифікатори біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж. Підвищення точності класифікації біомедичних зображень досягається шляхом розроблення методів і засобів синтезу глибоких нейронних мереж та розширенням навчальних наборів біомедичних зображень. Особливо актуальною задачею для глибоких нейронних мереж є розширення навчальних наборів для цитологічних, гістологічних та імуногістохімічних зображень.

Отже, розроблення методів і засобів синтезу високоточних класифікаторів на основі глибоких нейронних мереж і розширених навчальних наборів біомедичних зображень є актуальною науковою задачею

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація виконувалася відповідно до пріоритетних напрямів науково-дослідних робіт Західноукраїнського національного університету (ЗУНУ) та

Національного університету «Львівська політехніка» (НУЛП) та відповідно до координаційних планів Міністерства освіти й науки України. Наукові дослідження виконувалися в межах держбюджетних та господарських наукових робіт кафедри комп'ютерної інженерії ЗУНУ («Гібридна інтелектуальна інформаційна технологія діагностування передракових станів молочної залози на основі аналізу зображень» (держ. номер 0116U002500), «Нейромережеві методи і засоби класифікації зображень ауто- та ксеногенних тканин» (держ. номер 0119U103227), «Методи машинного навчання для кластеризації та класифікації зображень ауто- та ксеногенних тканин» (держ. номер 0120U103514), «Високопродуктивна комп'ютерна система опрацювання біомедичних зображень» (держ. номер 0122U201124)) та автоматизованих систем управління НУЛП «Методи та засоби нейронечіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ» (держ. Номер 0123U101688).

3. Наукова новизна одержаних результатів.

У дисертаційній роботі Лящинського П.Б.. отримано такі основні наукові результати:

1. Вперше розроблено метод автоматичного синтезу архітектур згорткових нейронних мереж для класифікації біомедичних зображень, який, за рахунок використання фаз мікропошуку та макропошуку, забезпечує створення архітектур нейромереж з підвищеною точністю класифікації біомедичних зображень

2. Вперше розроблено метод автоматичного синтезу архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж для задач генерування біомедичних зображень, який, за рахунок використання механізмів самоуваги в генераторі й дискримінаторі та синтезу зображень за мітками, забезпечує підвищення якості синтезованих зображень.

3. 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;

4. Вдосконалено модель опису архітектур нейронних мереж, яка, за рахунок використання теоретико-множинного підходу, забезпечила формалізацію представлення згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж.

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

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, повністю обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного використання та апробацією на наукових міжнародних конференціях і наукових семінарах кафедри автоматизованих систем управління НУЛП та комп'ютерної інженерії ЗУНУ. При проведенні наукового дослідження, висвітленні результатів, формулюванні пропозицій та практичних рекомендацій здобувачем використано ряд загальних та суто специфічних для даної тематики апробованих методів дослідження та прийомів аналізу. Висновки автора є добре обґрунтованими та переконливими, а достовірність результатів не викликає жодних сумнівів чи критичних зауважень.

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.

5. Практична цінність одержаних результатів.

Одержані автором наукові положення та практичні результати можуть бути використані при побудові інтелектуальних автоматизованих систем діагностики в медицині. Використання розроблених засобів забезпечує автоматичний синтез архітектур згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж для задач класифікації та генерування біомедичних зображень.

Практичну цінність наукових результатів дисертації підтверджено їх впровадженням у ТзОВ «Інститут біомедичних технологій». Також результати

дисертаційної роботи використано при підготовці таких дисциплін: «Дослідження комп'ютерних систем штучного інтелекту», «Методи розпізнавання зображень і комп'ютерний зір», «Технології машинного навчання», «Теоретичні основи штучного інтелекту» на кафедрі комп'ютерної інженерії Західноукраїнського національного університету.

6. Повнота оприлюднення результатів роботи.

Результати дисертаційної роботи доповідалися на наукових семінарах кафедри автоматизованих систем управління НУЛП і комп'ютерної інженерії ЗУНУ та наукових міжнародних конференціях. Основні наукові результати дисертації опубліковано у 18 працях, зокрема: п'ять статей – у наукових фахових періодичних виданнях України; дві статті – у наукових фахових періодичних виданнях України, що входять до наукометричної бази Web of Science; сім публікацій – у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових, науково-технічних конференцій (п'ять 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.

7. Короткий аналіз структури та змісту дисертаційної роботи.

Дисертація Лящинського П.Б. є завершеною науковою роботою, яка складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації складає 196 сторінок, основний зміст викладено на 141 сторінці, де наведено 83 рисунки та 24 таблиці, 7 додатків.

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

У першому розділі проведено аналіз біомедичних зображень, а саме цитологічних, гістологічних та імуногістохімічних. Проведено аналіз та порівняння класичних архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж для задач 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. Проведено порівняння архітектури, що синтезована розробленим методом, з іншими відомими дослідженнями для класифікації цитологічних зображень, використовуючи набір даних Sipakmed. Крім того, 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 синтетичних зображень, створених оптимізованою архітектурою, із зображеннями синтезованими іншими відомими архітектурами генеративно-змагальних мереж. У розділі також розроблено автоматичний метод синтезу біомедичних зображень.

У четвертому розділі описано функціональні та системні вимоги до програмного засобу та його програмну реалізацію. У даному 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 загальних висновках дисертаційної роботи сформульовано основні результати роботи, які узгоджуються з метою та завданнями дослідження.

8. Зауваження та дискусійні положення щодо дисертації.

Зауваження та дискусійні положення дисертаційної роботи такі:

1. У першому розділі роботи не достатньо уваги приділено аналізу існуючих методів і засобів синтезу архітектур згорткових нейронних мереж для класифікації біомедичних зображень.

2. Не проведено порівняння за допомогою метрик FID та IS біометричних зображень, які згенеровані з використанням GAN і Stable Diffusion.

3. У другому розділі у методі автоматичного синтезу архітектур згорткових нейронних мереж автором не достатньо обґрунтовано критерії вибору оптимальної архітектури комірки.

4. Не достатньо описано вхідні дані та параметри для виконання автоматичного синтезу архітектур згорткових і генеративно-змагальних нейронних мереж.

5. Автором не проведено порівняння розробленої програмної системи синтезу та класифікації біомедичних зображень з існуючими комерційними системами.

6. Автором не обґрунтовано використання різних баз даних: для зберігання синтетичних зображень використано реляційну базу даних, а для внутрішніх даних розробленої програми – нереляційну базу даних.

7. Розроблену програмну систему синтезу та класифікації біомедичних зображень доцільно доповнити розширеним користувацьким інтерфейсом, орієнтованим на практичне використання.

8. При викладенні змісту дисертації дисертант допускає окремі неточності термінологічного і стилістичного плану, у тексті є помилки.

Відмічені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та можуть розглядатися як рекомендації до подальших наукових досліджень та впроваджень отриманих результатів.

9. Висновок.

Дисертація Ляцинського Петра Борисовича «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано наукову задачу розроблення, вдосконалення методів і засобів синтезу та розширення навчальних наборів для підвищення точності класифікації глибокими нейронними мережами біомедичних зображень, що має важливе значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Зміст дисертаційної роботи відповідає обраній темі, паспорту спеціальності та забезпечує досягнення поставленої мети і вирішення завдання дослідження, за структурою, мовою та стилем викладення 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». Автор дисертації Ляцинський Петро Борисович заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 - комп'ютерні науки.

Рецензент:

Доктор технічних наук, професор,
професор каф. автоматизованих систем управління
Національного університету
«Львівська політехніка»



Іван ЦМОЦЬ

Підпис д.т.н., професора Цмоця І.Г.

«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного університету
«Львівська політехніка»,
к.т.н., доцент



Роман БРИЛИНСЬКИЙ