

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

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора
Субботіна Сергія Олександровича
на дисертаційну роботу

Ляцинського Петра Борисовича

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

1. Актуальність теми.

У сучасній онкології для постановки діагнозу потрібно здійснювати аналіз біомедичних зображень. Для класифікації біомедичних зображень використовують глибокі нейронні мережі, які дозволяють автоматизувати і покращити процес діагностики та зменшити ризик людських помилок. Сучасні методи машинного навчання можуть ідентифікувати найменші патологічні зміни на зображеннях, що дає можливість виявити захворювання на ранніх стадіях і розпочати лікування вчасно. Але обмеженість доступних навчальних наборів зображень, особливо для рідкісних захворювань, є головною перешкодою для використання цих технологій. Оскільки алгоритми машинного навчання потребують великих обсягів даних для ефективного навчання, недостатня кількість зображень значно обмежує їхні можливості.

У своїй роботі Ляцинський П. Б. пропонує автоматичні методи синтезу архітектур нейронних мереж, які можна використовувати для розширення та

класифікації вибірок біомедичних зображень. Синтетичні зображення можуть забезпечити кращу точність діагностування у випадках рідкісних захворювань, коли кількість доступних зображень може бути недостатньою для ефективного навчання моделей нейронних мереж.

Тому дисертаційна робота Лящинського П.Б., яка направлена на розроблення та вдосконалення методів і засобів синтезу біомедичних зображень з метою розширення навчальних наборів, є актуальною

2. Аналіз змісту роботи.

Дисертаційна робота Лящинського П.Б. містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг дисертації становить 196 сторінок, з яких основний зміст займає 141 сторінку. У роботі представлено 83 рисунки, 24 таблиці та сім додатків.

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

У першому розділі під назвою «Аналіз нейромережевих методів синтезу зображень» проведено детальний аналіз біомедичних зображень, зокрема цитологічних, гістологічних та імуногістохімічних. Окрім цього, здійснено аналіз і порівняння класичних архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж для задач синтезу біомедичних зображень. Також проаналізовано алгоритми навчання генеративно-змагальних мереж та проведено порівняння алгоритмів навчання нейронних мереж на основі градієнтного спуску. Автором досліджено та порівняно метрики для оцінки подібності синтетичних і реальних зображень. Результати порівняння показали, що існуючі архітектури генеративно-змагальних нейронних мереж синтезують зображення, якість яких не відповідає вимогам метрик для задач навчання класифікаторів.

У другому розділі «Метод автоматичного синтезу архітектур згорткових нейронних мереж» автором представлено новий метод синтезу архітектур згорткових нейронних мереж, проведено порівняння архітектури, синтезованої цим методом, з іншими відомими дослідженнями для класифікації

цитологічних зображень, використовуючи набір даних Sirakmed. Розроблений метод складається з етапів мікро- та макропошуку. Етап мікропошуку оптимізує архітектуру комірки, тоді як етап макропошуку оптимізує кількість комірок, що використовуються для створення фінальної архітектури нейронної мережі. Крім того, автором здійснено порівняння оптимізованої архітектури з відомими архітектурами, застосовуючи набір цитологічних зображень. Результати показали, що архітектура, створена за допомогою розробленого методу, значно перевершує відомі архітектури за точністю класифікації (99,125%).

У третьому розділі «Методи автоматичного синтезу біомедичних зображень та архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж» розроблено метод для синтезу архітектур генеративно-змагальних нейронних мереж, який включає два етапи: спочатку здійснюється пошук архітектури генератора з фіксованим дискримінатором, а потім пошук архітектури дискримінатора з найкращим генератором. У цьому розділі також проведено порівняння якості синтетичних зображень, створених оптимізованою архітектурою, з зображеннями, синтезованими іншими відомими архітектурами генеративно-змагальних мереж. Результати показали, що оптимізована архітектура генерує зображення вищої якості за метрикою FID, що становить 3,39. Крім того, у розділі розроблено автоматичний метод синтезу біомедичних зображень.

У четвертому розділі «Програмний засіб синтезу та класифікації біомедичних зображень» детально описані функціональні та системні вимоги до програмного засобу та його програмна реалізація. У цьому розділі розроблено архітектуру програмного засобу, використовуючи сучасні технології проектування та розробки програмного забезпечення. Програмний засіб побудовано на основі клієнт-серверної модульної архітектури, що дозволяє розгорнути компоненти системи як на локальному комп'ютері, так і на будь-якій хмарній інфраструктурі. Такий підхід забезпечує можливість горизонтального масштабування системи за потреби. Крім того, у цьому розділі

розроблено структуру бази даних програмного засобу з використанням UML діаграми класів. Основними модулями програми є модулі для роботи з наборами даних, класифікаторами та генераторами. Програмний засіб дозволяє використовувати як відомі, так і власні архітектури нейронних мереж для синтезу та класифікації біомедичних зображень. Також архітектури класифікаторів і генераторів можна синтезувати за допомогою методів, розроблених у третьому розділі.

У висновках дисертаційної роботи викладено основні результати, які відповідають поставленій меті та завданням дослідження.

3. Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів у дисертаційній роботі полягає у тому, що:

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;
- 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;

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

Аналіз змісту дисертації, використаних методів та способів їх застосування дозволяє зробити висновок про високу обґрунтованість наукових результатів роботи. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертації, підкріплені ґрунтовним теоретичним аналізом, результатами практичного застосування та даними з науково-технічної літератури.

Отримані автором наукові положення та практичні результати можуть знайти широке застосування при побудові діагностичних систем у медицині. Крім того, розроблені методи можуть бути адаптовані для аналізу інших класів зображень, що дозволить використовувати ці підходи поза межами медичної сфери. Це відкриває нові перспективи для їх застосування в таких галузях, як автоматизована промислова інспекція, моніторинг стану навколишнього середовища, а також в системах безпеки. Таким чином, результати цієї дисертації мають потенціал для міждисциплінарного використання, сприяючи подальшому розвитку технологій штучного інтелекту та їх впровадженню в різні сфери діяльності.

Практичну цінність наукових результатів дисертації підтверджено їх впровадженням у ТзОВ «Інститут біомедичних технологій». Варто зазначити, що теоретичні 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.

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. Повнота оприлюднення результатів роботи.

Основні наукові результати дисертації опубліковано у 18 працях, з яких: 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); отримано документ про захист авторського права.

В опублікованих працях повною мірою розкрито та апробовано основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних автором особисто. Це дозволяє підтвердити достовірність і надійність отриманих даних, а також практичну цінність і наукову новизну проведених досліджень.

6. Зауваження та дискусійні положення щодо дисертації.

У результаті аналізу дисертаційної роботи можна виділити зауваження:

1. В додатках автором наведено приклади коду для розгортання програми на хмарних сервісах. Це передбачає виконання деяких дій вручну. Доцільно було б розробити утиліти для автоматичного розгортання програми.
2. Автор наводить приклади синтезованих зображень програмою Stable Diffusion. Проте не зазначено які параметри було задано при використанні дифузійної моделі.

3. У розділі 1.6 проведено аналіз метрик для оцінки подібності зображень. Основна увага зосереджена на двох метриках – FID та IS. Як відомо, метрика FID відповідає за ступінь подібності зображень. У свою чергу, метрика IS відповідає за різноманітність зображень. Доцільно було б поєднати розглянуті метрики для комплексної оцінки зображень.
4. Для оптимізації архітектур нейронних використано генетичний алгоритм. При цьому автором не проаналізовані та не обґрунтовані інші методи оптимізації.
5. Автором вдосконалено модель опису архітектур нейронних мереж, але не описано синтезовані архітектури GAN мереж з використанням цієї моделі.

Загалом, зазначені зауваження не є суттєвими і не зменшують високого наукового рівня та практичної цінності дисертаційної роботи, а також не впливають на її загальну позитивну оцінку.

7. Висновок.

Дисертація Лящинського Петра Борисовича «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» є самостійною та завершеною науковою працею, яка демонструє значну наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Ці результати мають важливе значення для галузі знань 12 Інформаційні технології.

Зміст дисертаційної роботи «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» відповідає обраній темі дослідження, паспорту спеціальності 122 Комп'ютерні науки, забезпечує досягнення поставленої мети і вирішення завдання дослідження, а 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 дисертаційної роботи на тему «Синтез біомедичних зображень на основі глибоких нейронних мереж» Лящинський Петро Борисович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри програмних засобів
Національного університету
«Запорізька політехніка»



Сергій СУББОТІН

Лідис професора
засвідчую:
Директор з НДР та ІТ



Сергій Науми