

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 58.082.121
Західноукраїнського національного
університету
доктору технічних наук, доценту
Ліп'яніній-Гончаренко Христині
Володимирівні

ВІДГУК

доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри комп'ютерних наук
Хмельницького національного університету

Бармака Олександра Володимировича

на дисертаційну роботу Ляцинського Павла Борисовича за темою
«Методи та програмні засоби автоматичного діагностування в
медичних системах», подану на здобуття ступеня доктора філософії з
галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121
«Інженерія програмного забезпечення»

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження

Актуальність дисертаційної роботи Ляцинського Павла Борисовича зумовлена тим, що у зв'язку зі значною поширеністю раку грудної залози в усьому світі, оптимізація методів його виявлення є пріоритетним завданням. Використання біомедичних зображень для діагностики ускладнюється тривалістю їх обробки та дефіцитом великих навчальних вибірок. Для автоматизації аналізу зазвичай застосовують або інструменти комп'ютерного зору (які є напівавтоматичними і потребують тонкої конфігурації алгоритмів), або технології глибокого навчання, що забезпечують повну автоматизацію процесу.

Водночас, застосування методів глибокого навчання зіштовхується із суттєвими проблемами, серед яких: брак універсальності (для кожної нової категорії зображень потрібно заново проектувати архітектуру, збирати дані та проводити навчання), обмежена точність сегментації й класифікації медичних зображень наявними моделями, а також вузька спеціалізація та недосконалість сучасних програмних бібліотек штучного інтелекту.

Саме тому створення ефективних програмних систем для підвищення точності розпізнавання біомедичних зображень є вагомим науково-прикладним

задачею, яка прямо відповідає актуальним запитам медичної галузі та інженерії програмного забезпечення.

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Реалізація поставлених у дисертації завдань відображена у чотирьох розділах:

- У першому розділі виконано критичний аналіз існуючих алгоритмічних та програмних рішень для онкологічної діагностики. Автор аргументує доцільність своїх подальших розробок тим, що наявні комерційні системи є монолітними та закритими для модифікацій під нові медичні стандарти.
- У другому розділі представлено метод багатокласової класифікації для аналізу гістологічних знімків. Завдяки інтеграції еволюційної оптимізації та технології автоматизованого пошуку архітектур (NAS), було отримано модель із точністю класифікації – 99,8%.
- У третьому розділі вирішено задачу розпізнавання підтипів раку на основі імуногістохімічних зображень. Поєднання глибокого навчання та продукційної моделі знань забезпечило автоматизовану інтерпретацію результатів згідно з регламентами МОЗ України. Крім того, удосконалення архітектури U-Net дозволило покращити якість сегментації дрібних мікроструктур (об'єктів).
- У четвертому розділі деталізовано процес інженерної розробки програмного комплексу. Спроектована клієнт-серверна архітектура має виражену модульну структуру із гнучкими варіантами розгортання (локально або в хмарі). Описано структуру бази даних та модулі системи.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

- 1) вперше розроблено метод багатокласової класифікації гістологічних зображень для діагностування раку грудної залози за ступенем диференціації, який, на відміну від існуючих, базується на застосуванні оптимізованої архітектури згорткової нейронної мережі та наборі зображень, розширеному за допомогою дифузійної моделі, що забезпечило підвищення достовірності діагностування;
- 2) вперше розроблено метод аналізу імуногістохімічних зображень для діагностування підтипів раку грудної залози, який, на відміну від існуючих, базується на вдосконаленій архітектурі U-Net мережі, алгоритмі визначення кількісних характеристик мікрооб'єктів та продукційній моделі

діагностичних знань, що забезпечило автоматизацію процесу постановки діагнозу;

- 3) удосконалено архітектуру U-Net мережі для сегментації імуногістохімічних зображень шляхом оптимізації гіперпараметрів на основі генетичних алгоритмів: глибини мережі, розміру базового фільтра та темпу навчання, що дозволило підвищити точність сегментації;
- 4) удосконалено архітектуру згорткової нейронної мережі для класифікації гістологічних зображень шляхом оптимізації кількості операцій та зв'язків між ними на мікро- та макрорівнях із використанням генетичних алгоритмів, що дозволило підвищити точність класифікації;
- 5) подальшого розвитку набула архітектура CAD-систем для автоматичної постановки діагнозу, яка, на відміну від існуючих аналогів, доповнена модулями синтезу зображень, обчислення кількісних характеристик, автоматичного діагностування та оцінювання подібності зображень, що забезпечило комплексність та адаптивність процесу діагностування.

4. Практичне значення дисертації

Головним прикладним результатом дисертаційної роботи є створення програмної системи для автоматичного діагностування раку грудної залози. Впровадження в її основу модульної архітектури та технологій глибокого навчання дозволяє автоматизувати більшість рутинних обчислювальних операцій, що створює передумови для комплексної цифрової трансформації процесів патоморфологічної експертизи. Ступінь готовності та практичну спроможність запропонованих алгоритмів і програмних рішень підтверджено відповідними актами про впровадження у виробничу діяльність ТОВ «Інститут біомедичних технологій», ТОВ «Апіко Девелопмент» (м. Тернопіль), наукову роботу НДЧ ЗУНУ, а також безпосередньо в освітній процес Західноукраїнського національного університету.

5. Дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях

Дисертація Лящинського П.Б. є завершеною працею, виконаною державною мовою на високому науково-методичному рівні. Рукопис повністю відповідає стандартам МОН України щодо оформлення робіт на здобуття наукових ступенів. Загальний обсяг становить 221 сторінку, при цьому ключове наукове викладення займає 148 сторінок. Робота містить 47 рисунків та 25 таблиць, що суттєво підвищує наочність сприйняття матеріалу. Список цитованої літератури включає 138 найменувань, а супровідні матеріали оформлені у вигляді 15 додатків. Мова викладення є лаконічною, чіткою та

термінологічно коректною для галузі розробки програмного забезпечення. У дисертації дотримано вимог академічної доброчесності. За результатами перевірки порушень академічної доброчесності не виявлено. Усі запозичені положення, ідеї та результати інших авторів належним чином супроводжуються посиланнями на відповідні першоджерела.

Матеріали дисертаційного дослідження пройшли широке обговорення та апробацію, що підтверджується наявністю 22 наукових праць. Науковий доробок автора включає:

- 8 статей у фахових виданнях України (включаючи 1 статтю у виданні з бази Scopus та 1 – з Web of Science);
- 1 статтю на міжнародному ресурсі arXiv.org (Cornell University);
- 12 матеріалів доповідей на всеукраїнських та міжнародних конференціях (зокрема, 3 публікації у виданнях, що індексуються в Scopus);
- зареєстроване авторське право на розроблений твір.

Наведений перелік та рівень видань свідчать про те, що наукові результати дисертації були повною мірою апробовані науковою спільнотою.

6. Дискусійні положення та зауваження

Оцінюючи роботу позитивно, варто висловити деякі зауваження та побажання.

1. У розділі 2.3 проведено аналіз метрик для оцінки подібності зображень. Основна увага зосереджена на двох метриках – FID та IS. Як відомо, метрика FID оцінює відстань між розподілами ознак зображень. У свою чергу, метрика IS характеризує якість і різноманітність. Доцільно було б поєднати розглянуті метрики для комплексної оцінки зображень.
2. Однією з переваг розробленої системи названо можливість оперативного оновлення бази знань (клінічних правил) без втручання в обчислювальне ядро. Доцільно було б описати як саме користувач системи може додати нові протоколи МОЗ України.
3. У методі багатокласової класифікації інтегровано технологію автоматизованого пошуку архітектур та еволюційну оптимізацію для синтезу моделі. Зауваження стосується високої обчислювальної складності такого підходу. Доцільно було б навести порівняльні дані щодо часу, витраченого на еволюційний пошук архітектури, порівняно з методами Grid Search та Random Search.
4. У першому розділі автор фокусується на аналізі комерційних рішень, критикуючи їх за «закриту монолітну структуру». Проте існують відкриті платформи для аналізу цифрової патології. Доцільно було б провести

порівняльний аналіз розробленої системи саме з відкритими системами аналізу медичних зображень (QuPath, 3D Slicer, ASAP).

5. У роботі автор здійснює порівняння окремих архітектур нейронних мереж для класифікації зображень. Проте можливість використання ансамблів архітектур не була розглянута.

Наведені вище зауваження не впливають на загальний високий рівень виконаної роботи, не зменшують її практичну цінність та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

7. Загальний висновок

Дисертаційна робота Ляцинського Павла Борисовича за темою «Методи та програмні засоби автоматичного діагностування в медичних системах» є самостійною та завершеною науковою працею, яка демонструє значну наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

Зміст роботи відповідає обраній темі дослідження, забезпечує досягнення поставленої мети та вирішення поставлених завдань дослідження. Дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

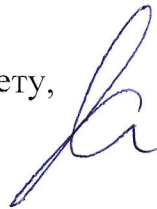
Автор дисертаційної роботи за темою «Методи та програмні засоби автоматичного діагностування в медичних системах» Ляцинський Павло Борисович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент

завідувач кафедри комп'ютерних наук

Хмельницького національного університету,

доктор технічних наук, професор



Олександр БАРМАК

«Підпис Олександра БАРМАКА засвідчую»:

Проректор з науково-педагогічної роботи

Хмельницького національного

університету



Дмитро ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ