

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

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора, професора кафедри комп'ютерних наук
Західноукраїнського національного університету

Манжули Володимира Івановича

на дисертаційну роботу Лящинського Павла Борисовича на тему:
«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.

Стрімке зростання захворюваності на рак грудної залози в Україні та світі висуває жорсткі вимоги до надійності онкологічної діагностики. Ключовим інструментом для підвищення її точності стає комп'ютерний аналіз біомедичних зображень. Проте, як слушно зазначає автор у дисертаційній роботі, автоматизація цього процесу супроводжується значною працемісткістю та браком великих репрезентативних вибірок у даній галузі.

Здійснивши ґрунтовний аналіз сучасного стану спеціалізованого програмного забезпечення, автор систематизував наявні підходи до розв'язання поставленої задачі. Серед них виокремлено класичні методи комп'ютерного зору, суттєвим недоліком яких залишається висока залежність від ручного налаштування параметрів на низькому, середньому та високому рівнях абстракції та повністю автоматичні системи на базі методів глибокого навчання. Водночас автор глибоко проаналізував фундаментальні недоліки існуючих нейромережових рішень, серед яких, можна виділити необхідність проєктувати нову модель, збирати дані та проводити навчання з нуля під кожен новий клінічний клас, недостатню для медичних стандартів точність сегментації й класифікації дрібних патологій, а також функціональну обмеженість наявного програмного забезпечення.

З огляду на зазначене, наукове дослідження Лящинського П.Б., спрямоване на розробку та удосконалення методів і програмних засобів для підвищення точності розпізнавання патологій на біомедичних зображеннях, є актуальним. Вирішення цієї важливої науково-прикладної задачі дозволить

суттєво підвищити достовірність онкологічних діагнозів, що повністю відповідає актуальним векторам розвитку як медичної індустрії, так і сучасних методів інженерії програмного забезпечення.

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

Структура дисертаційного дослідження побудована за логічною послідовністю і складається з чотирьох розділів, кожен з яких вирішує відповідне завдання в межах загальної мети роботи.

У першому розділі здійснено ґрунтовний критичний огляд наявного алгоритмічного та програмного інструментарію, що застосовується для автоматизації онкологічної діагностики. Проведений аналіз архітектурних рішень вказує на те, що домінування закритих монолітних архітектур у більшості комерційних систем суттєво обмежує їхню адаптивність до нових медичних протоколів.

Другий розділ присвячено розв'язанню задачі багатокласової класифікації гістологічних зображень тканин грудної залози. Вагомим науковим здобутком автора є розробка методу класифікації, який інтегрує підходи еволюційної оптимізації та автоматизованого пошуку нейромережових архітектур. Практична ефективність такого підходу підтверджується синтезом моделі, яка демонструє високий рівень точності класифікації – 99,8%.

У третьому розділі представлено методологію аналізу імуногістохімічних зображень з метою диференціації підтипів раку. Наукова новизна рішення полягає у поєднанні моделей глибокого навчання із продукційною моделлю знань, що забезпечує верифікацію та автоматизовану інтерпретацію графічних даних у суворій відповідності до клінічних протоколів МОЗ України. Крім того, в розділі деталізовано процес вибору базової архітектури U-Net шляхом оптимізації її гіперпараметрів, що призвело до підвищення точності сегментації мікрооб'єктів.

Четвертий розділ відображає прикладну цінність роботи і присвячено безпосередній розробці програмної системи автоматичного діагностування. Спроектовано клієнт-серверну архітектуру, яка базується на принципах модульності та чіткого розмежування зон відповідальності, завдяки чому підтримується гнучке розгортання як на локальних серверах, так і у хмарному середовищі. Особливу увагу приділено структурі бази даних та декомпозиції системи на функціональні блоки.

Загальні висновки за результатами дисертації є достатньо обґрунтованими, повною мірою відображають сутність отриманих наукових та практичних результатів, а за своїм змістом і науковим рівнем повністю задовольняють вимоги до робіт такого рівня.

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 базується на застосуванні оптимізованої архітектури згорткової нейронної мережі та розширеному наборі зображень, що забезпечило підвищення достовірності діагностування;
- 2) вперше розроблено метод аналізу імуногістохімічних зображень для діагностування підтипів раку грудної залози, який базується на вдосконаленій архітектурі U-Net мережі, алгоритмі визначення кількісних характеристик мікрооб'єктів та продукційній моделі діагностичних знань, що дозволило автоматизувати процес постановки діагнозу;
 - 3) удосконалено архітектуру U-Net мережі для сегментації імуногістохімічних зображень шляхом оптимізації гіперпараметрів мережі з використанням генетичних алгоритмів: глибини, розміру базового фільтра та темпу навчання, що дозволило збільшити 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 застосуванням еволюційних алгоритмів, що дозволило збільшити точність класифікації;
 - 5) подальшого розвитку набула архітектура програмних систем для автоматичної постановки діагнозу на основі аналізу гістологічних та імуногістохімічних зображень, 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.

Робота має практичну значущість для медичної галузі та інженерії програмного забезпечення. Автор спроектував та реалізував програмну систему автоматичного діагностування раку грудної залози із використанням методів глибокого навчання. Ця розробка дозволяє оптимізувати роботу патоморфологів шляхом автоматизації основних процесів, що є важливим кроком на шляху до цифровізації охорони здоров'я. Практичну значущість розроблених методів, архітектурних рішень та програмних засобів повністю доведено на практиці, що підтверджується відповідними актами від підприємств ТОВ «Інститут біомедичних технологій», ТОВ «Апіко Девелопмент» (м. Тернопіль), наукових підрозділів НДЧ ЗУНУ та використанням у навчальному процесі ЗУНУ.

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

Дисертаційне дослідження Лящинського П.Б. оформлене відповідно до нормативних документів МОН України і викладене на 221 сторінці, обсяг безпосередньо основного тексту – 148 сторінок. Матеріал структуровано

логічно й послідовно, написано українською мовою з використанням коректної професійної термінології в галузі інформаційних технологій. Результати роботи належним чином візуалізовано за допомогою 47 рисунків та 25 таблиць, а список літератури налічує 138 джерел. Додаткові довідкові та прикладні дані згруповано у 15 додатках.

Аналіз тексту дисертації та опублікованих праць автора свідчить про дотримання принципів академічної доброчесності. Результати аналізу підтверджують високу автентичність дослідження та відсутність у рукописі будь-яких проявів академічного плагіату чи некоректних текстових запозичень. Ідеї та наукові результати інших вчених використані виключно з відповідним бібліографічним посиланням.

Рівень апробації результатів є високим – основні положення дисертації репрезентовані у 22 наукових працях. До них належать: 8 статей у наукових фахових виданнях України (з яких 1 стаття опублікована у журналі, що входить до Scopus, та 1 – до Web of Science); 1 публікація на закордонному сервісі arXiv.org (Cornell University); 12 тез доповідей у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій (3 з них індексуються наукометричною базою Scopus), а також зареєстроване авторське право на твір. Склад та географія публікацій підтверджують повноту висвітлення результатів дисертації в науковій періодиці.

6. Дискусійні положення та зауваження.

Оцінюючи роботу позитивно, варто висловити деякі зауваження та побажання:

1) Автор зазначає, що точність класифікації гістологічних зображень сягнула 99,8%. З огляду на такий високий показник, доцільно було б навести довірчі інтервали для підтвердження статистичної достовірності результатів на розширеній вибірці.

2) У третьому розділі запропоновано алгоритм автоматичного обчислення кількісних характеристик мікрооб'єктів. У роботі наведено принципи його роботи, але відсутній теоретичний аналіз часової складності цього алгоритму залежно від кількості сегментованих об'єктів на зображенні, що є важливим для підтвердження ефективності програмного забезпечення.

3) Процес навчання нейронних мереж варто було б представити візуально для кращого сприйняття, використовуючи блок-схеми.

4) Розроблена програмна система функціонує на основі клієнт-серверної архітектури з використанням вебтехнологій. Водночас у роботі не розглядалася доцільність реалізації локального архітектурного рішення у вигляді настільного додатка для поширених десктопних операційних систем (Windows, Linux тощо), що могло б забезпечити автономність функціонування системи за відсутності мережевого з'єднання.

5) У роботі приділено значну увагу метрикам якості функціонування нейронних мереж. Водночас поза увагою залишилися показники експлуатаційної ефективності самого програмного забезпечення. Зокрема, недостатньо висвітлено такі характеристики, як середній час відгуку системи

за умов багатокористувацького навантаження (конкурентних запитів), а також вимоги до обчислювальних ресурсів автоматизованого робочого місця лікаря.

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

7. Загальний висновок.

Дисертація Лящинського Павла Борисовича «Методи та програмні засоби автоматичного діагностування в медичних системах» є кваліфікаційною науковою працею, яка виконана на високому рівні та має завершений характер. Автор представив ефективне вирішення значущого науково-прикладного завдання – розробку та вдосконалення методів і програмних засобів, що дозволяють підвищити точність сегментації й класифікації біомедичних зображень, гарантуючи вищу достовірність діагностики онкологічних захворювань грудної залози.

Комплексна оцінка актуальності теми, наукової новизни та достовірності отриманих результатів, їхньої практичної значущості, повноти публікацій у фахових виданнях та дотримання принципів академічної доброчесності дозволяє зробити висновок, що дисертаційна робота відповідає вимогам Наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та чинного Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а її автор, Лящинський Павло Борисович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

професор кафедри комп'ютерних наук
Західноукраїнського національного
університету,
доктор технічних наук, професор

Володимир МАНЖУЛА

