

Голові разової 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

Мельника Андрія Миколайовича

на дисертаційну роботу Лящинського Павла Борисовича
на тему «Методи та програмні засоби автоматичного діагностування в
медичних системах»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 «Інформаційні технології»
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Стрімкий розвиток цифрової медицини, технологій штучного інтелекту та сучасних інформаційних систем суттєво змінює підходи до організації медичної діагностики, відкриваючи нові можливості для автоматизації процесів аналізу біомедичних даних. Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку медичної інформатики є створення інтелектуальних систем автоматичного діагностування, які базуються на використанні методів комп'ютерного зору, машинного та глибокого навчання. Такі системи дозволяють підвищити об'єктивність діагностичних висновків, мінімізувати вплив людського фактора, скоротити час аналізу результатів досліджень і забезпечити підтримку прийняття клінічних рішень.

Особливої актуальності зазначені завдання набувають у галузі онкології, де своєчасне та достовірне встановлення діагнозу безпосередньо впливає на ефективність лікування і прогноз перебігу захворювання. Незважаючи на значний прогрес у розвитку технологій комп'ютерного аналізу медичних зображень, існуючі програмні системи автоматичного діагностування ще не повною мірою забезпечують необхідний рівень точності аналізу гістологічних та імуногістохімічних зображень, мають обмежені можливості адаптації до нових клінічних протоколів та недостатньо інтегрують сучасні методи штучного інтелекту із механізмами формалізації експертних знань. Крім того, суттєвою проблемою залишається обмежений обсяг високоякісних навчальних вибірок, необхідних для ефективного навчання моделей глибокого навчання, що негативно впливає на узагальнюючу здатність програмних систем.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розроблення нових методів автоматичного аналізу біомедичних зображень, які поєднували б сучасні архітектури нейронних мереж, генеративні моделі синтезу медичних даних, алгоритми оптимізації параметрів моделей та механізми інтелектуальної підтримки прийняття діагностичних рішень. Важливим є також створення програмних систем нового покоління, здатних реалізувати повний цикл автоматичного діагностування — від попереднього

опрацювання медичних зображень до формування обґрунтованого діагностичного висновку, інтегруючись при цьому із сучасними медичними інформаційними системами та забезпечуючи можливість подальшого масштабування.

Актуальність дисертаційної роботи визначається необхідністю вирішення зазначених наукових і прикладних проблем шляхом розроблення методів багатокласової класифікації гістологічних зображень, аналізу імуногістохімічних зображень та створення програмної системи автоматичного діагностування раку грудної залози. Запропоновані автором методи та програмні засоби спрямовані на підвищення достовірності автоматичного діагностування, автоматизацію процесу аналізу біомедичних даних і розвиток інтелектуальних медичних інформаційних систем, що повністю відповідає сучасним тенденціям розвитку цифрової медицини, комп'ютерної патології та інженерії програмного забезпечення.

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

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, подано інформацію щодо апробацій та публікацій результатів дисертаційної роботи із зазначенням особистого внеску автора.

У першому розділі «Аналіз методів, алгоритмів і програмних засобів автоматичного діагностування в медицині» автором проведено дослідження сучасного стану розвитку методів автоматичного діагностування онкологічних захворювань на основі аналізу біомедичних зображень. Проведено комплексний аналіз існуючих підходів до автоматичного опрацювання гістологічних та імуногістохімічних зображень, розглянуто сучасні методи комп'ютерного зору, алгоритми машинного та глибокого навчання, а також архітектури програмних систем комп'ютерної діагностики. Особливу увагу приділено аналізу переваг і недоліків класичних алгоритмів комп'ютерного зору та сучасних згорткових нейронних мереж при розв'язанні задач класифікації та сегментації медичних зображень.

Здійснено системний аналіз сучасних архітектур програмних систем автоматичного діагностування, який дозволив автору виявити їх характерні особливості, обмеження та перспективи подальшого розвитку. Обґрунтовано, що більшість існуючих програмних рішень характеризуються закритою монолітною архітектурою, недостатньою адаптивністю до нових клінічних протоколів та обмеженими можливостями інтеграції сучасних моделей штучного інтелекту. Значну увагу приділено аналізу сучасних метрик оцінювання ефективності моделей класифікації та сегментації, що створює належне методичне підґрунтя для проведення подальших експериментальних досліджень. Автор аргументовано доводить необхідність розроблення програмної системи нового покоління, яка поєднувала б сучасні методи глибокого навчання, модульну архітектуру програмного забезпечення та механізми підтримки прийняття діагностичних рішень. В кінці першого розділу сформульовані завдання дисертаційного дослідження, які безпосередньо впливають із результатів проведеного аналізу.

У другому розділі «Метод багатокласової класифікації гістологічних зображень для діагностування раку грудної залози за ступенем диференціації» автором розроблено метод автоматичної багатокласової класифікації гістологічних зображень, спрямований

на підвищення достовірності діагностування злоякісних новоутворень. Розділ відзначається комплексним підходом до розв'язання поставленої науково-прикладної задачі, що охоплює дослідження сучасних архітектур згорткових нейронних мереж, аналіз їх ефективності, удосконалення процесу формування навчальних вибірок та автоматизований синтез архітектури моделі.

Автором проведено порівняльне дослідження сучасних архітектур CNN, що дозволило визначити їх переваги та обмеження при класифікації гістологічних зображень. Важливою складовою запропонованого підходу є використання дифузійної моделі для генеративного розширення навчальної вибірки, що дало можливість частково усунути проблему обмеженого обсягу медичних даних, характерну для більшості задач медичного аналізу зображень. Проведений аналіз підтверджує доцільність використання синтетично сформованих зображень для підвищення узагальнюючої здатності моделей глибокого навчання.

Науковий інтерес становить запропонований метод синтезу архітектури згорткової нейронної мережі із застосуванням технології Neural Architecture Search та генетичних алгоритмів оптимізації. На відміну від традиційного ручного проєктування моделей, запропонований підхід дозволяє автоматизувати процес пошуку оптимальної архітектури нейронної мережі з урахуванням особливостей гістологічних зображень та критеріїв ефективності класифікації. Отримані результати свідчать про високий рівень обґрунтованості запропонованих алгоритмічних рішень та підтверджують їх ефективність експериментальними дослідженнями.

Позитивної оцінки заслуговує також якість проведених експериментальних досліджень. Автором виконано порівняльний аналіз запропонованого методу з існуючими рішеннями, досліджено вплив різних архітектур нейронних мереж, параметрів навчання та методів генерації даних на кінцеву точність класифікації. Висока точність отриманих результатів, що, за даними автора, досягає 99,8 %, свідчить про практичну ефективність розробленого методу та його конкурентоспроможність порівняно з сучасними аналогами.

Загалом другий розділ характеризується логічною послідовністю викладення матеріалу, належним рівнем математичного та алгоритмічного обґрунтування запропонованих рішень, а також достатньою експериментальною перевіркою отриманих результатів. Представлені в ньому наукові положення є вагомим внеском у розвиток методів автоматичної класифікації біомедичних зображень та створюють основу для подальшого розвитку інтелектуальних систем комп'ютерного діагностування в медицині.

У третьому розділі «Метод аналізу імуногістохімічних зображень для діагностування підтипів раку грудної залози» автором розроблено комплексний метод автоматичного аналізу імуногістохімічних зображень, спрямований на підвищення достовірності визначення молекулярних підтипів раку грудної залози. Запропонований підхід ґрунтується на поєднанні сучасних методів глибокого навчання, алгоритмів комп'ютерного зору та продукційної моделі представлення діагностичних знань, що забезпечує автоматизацію процесу інтерпретації результатів досліджень відповідно до клінічних протоколів. Такий комплексний підхід дозволив об'єднати переваги нейромережевих моделей із механізмами логічного виведення, що суттєво підвищує практичну цінність запропонованого рішення.

Значну увагу в роботі приділено вдосконаленню архітектури нейронної мережі U-Net, яка є однією з найбільш поширених моделей для сегментації медичних зображень.

Автором запропоновано підхід до оптимізації її гіперпараметрів із використанням генетичних алгоритмів, що дозволило підвищити точність сегментації мікрооб'єктів на імуногістохімічних зображеннях. Водночас виконано порівняльний аналіз сучасних архітектур сегментації, що підтверджує обґрунтованість вибору запропонованої моделі та ефективність її модифікації. Отримані результати свідчать про високий рівень наукового опрацювання поставленої задачі та належну експериментальну верифікацію запропонованих рішень.

Практичний інтерес становлять розроблені алгоритми автоматичного визначення кількісних характеристик мікрооб'єктів, які є основою для подальшої ідентифікації молекулярних підтипів пухлин. На відміну від існуючих підходів, автором запропоновано комплексне використання результатів сегментації та продукційної моделі знань, що дозволяє формалізувати процес прийняття діагностичного рішення та забезпечити його відповідність сучасним клінічним рекомендаціям. Такий підхід є важливим кроком у напрямі створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у медичній практиці.

Позитивної оцінки заслуговує проведене автором експериментальне дослідження ефективності запропонованого методу, яке включає аналіз точності сегментації, оцінювання якості визначення кількісних характеристик та перевірку достовірності автоматичного діагностування. Представлені результати переконливо демонструють переваги запропонованого підходу порівняно з існуючими аналогами та підтверджують можливість його практичного застосування при розробленні сучасних систем комп'ютерного діагностування онкологічних захворювань.

Загалом третій розділ характеризується високим рівнем наукової новизни, логічною структурою викладення матеріалу, достатнім алгоритмічним обґрунтуванням та якісною експериментальною перевіркою отриманих результатів. Запропоновані методи та алгоритми є вагомим внеском у розвиток технологій автоматичного аналізу медичних зображень і створюють наукове підґрунтя для подальшого розвитку інтелектуальних програмних систем автоматичного діагностування в медицині.

У четвертому розділі «Проектування та реалізація програмної системи автоматичного діагностування раку грудної залози» автором представлено завершений етап практичної реалізації результатів дисертаційного дослідження у вигляді сучасної програмної системи автоматичного діагностування. На основі розроблених у попередніх розділах методів і моделей сформовано функціональні вимоги до програмного забезпечення, спроектовано його архітектуру та реалізовано програмний комплекс із використанням сучасних технологій розроблення програмного забезпечення. Запропонована система побудована на клієнт-серверній модульній архітектурі з чітким розмежуванням функціональних компонентів, що забезпечує її масштабованість, гнучкість, можливість інтеграції з іншими інформаційними системами та розгортання як у локальному середовищі, так і в хмарній інфраструктурі.

Позитивної оцінки заслуговує системний підхід автора до проектування програмного забезпечення. Детально опрацьовано архітектуру системи, структуру бази даних, механізми взаємодії між окремими програмними модулями та програмний інтерфейс прикладного програмування (API). При розробленні програмної системи використано сучасні принципи інженерії програмного забезпечення, зокрема модульність, слабку зв'язність компонентів, принцип єдиної відповідальності (Single Responsibility Principle) та сервісно-орієнтований підхід до побудови програмних

компонентів. Це забезпечує високу якість програмної реалізації, спрощує подальшу модернізацію системи та її адаптацію до нових методів автоматичного діагностування.

Особливу увагу приділено реалізації функціональних модулів програмної системи, серед яких модулі керування користувачами, наборами даних, моделями машинного навчання, сегментації та класифікації біомедичних зображень, синтезу зображень, обчислення кількісних характеристик мікрооб'єктів, а також модуль автоматичного формування діагностичного висновку. Такий набір компонентів забезпечує повний цикл автоматизованого опрацювання біомедичних даних — від завантаження та аналізу зображень до отримання результатів діагностування, що свідчить про комплексність запропонованого програмного рішення.

Важливою перевагою роботи є проведення комплексної експериментальної апробації створеної програмної системи. Автором виконано оцінювання працездатності окремих функціональних модулів, досліджено ефективність інтегрованого програмного комплексу та здійснено аналіз інженерної якості програмного забезпечення із використанням сучасних критеріїв оцінювання. Результати експериментальної перевірки підтверджують стабільність функціонування системи, ефективність реалізованих програмних рішень та їх відповідність поставленим вимогам. Важливим є й те, що програмний комплекс доведено до рівня завершеного програмного продукту, придатного для практичного використання та подальшого впровадження в діяльність медичних установ.

Загалом четвертий розділ свідчить про високий рівень інженерної підготовки автора та його здатність реалізовувати результати теоретичних досліджень у вигляді повноцінного програмного забезпечення. Представлені результати мають значну практичну цінність, демонструють завершеність дисертаційного дослідження та підтверджують можливість ефективного використання розробленої програмної системи для автоматизації процесів комп'ютерного діагностування в сучасних медичних інформаційних системах.

Висновки по роботі повністю висвітлюють отримані результати та за своїм рівнем відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження.

Структура дисертації повністю відповідає логіці й послідовності рішення поставлених задач.

2.2. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій забезпечується коректним використанням аналітичного та числового апарату досліджень; адекватністю теоретичних розрахункових результатів і результатів перевірки; відповідністю висновків і отриманих результатів фізичній суті досліджуваних явищ; порівнянням рішень з відомими у літературі; зіставленням отриманих результатів з даними інших авторів і узгодженням з поставленими завданнями. Результати досліджень ілюстровані таблицями, графіками і рисунками. Прийняті в дисертації рішення мають наукову новизну і обґрунтовані та вирішують поставлені задачі досліджень, у ході розв'язання яких розроблено комплексну концепцію цифровізації ЗВО, яка включає теоретичні, методологічні та практичні компоненти.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Основні наукові положення, результати та висновки дисертації отримані здобувачем самостійно, є новими, достатньо обґрунтованими та підтверджуються даними експериментальних досліджень та апробацією основних положень на всеукраїнських та міжнародних конференціях. Достовірність наукових положень,

висновків і результатів, отриманих здобувачем, обумовлена коректними та доцільним використанням математичного апарату, теорії управління, принципах системного підходу методології проектування інформаційних систем, успішною апробацією отриманих результатів.

Отримані в дисертаційній роботі наступні результати, які мають наукову новизну:

1) вперше розроблено метод багатокласової класифікації гістологічних зображень для автоматичного діагностування раку грудної залози за ступенем диференціації, який інтегрує генеративне розширення навчальної вибірки на основі дифузійної моделі із автоматизованим синтезом архітектури згорткової нейронної мережі (Neural Architecture Search), що забезпечує підвищення точності класифікації та достовірності автоматичного діагностування в умовах обмежених наборів біомедичних даних;

2) вперше розроблено метод аналізу імуногістохімічних зображень для автоматичного визначення молекулярних підтипів раку грудної залози, який поєднує вдосконалену модель сегментації на основі U-Net, алгоритми автоматичного визначення кількісних характеристик мікрооб'єктів та продукційну модель діагностичних знань, що забезпечує автоматизацію процесу формування діагностичного висновку відповідно до сучасних клінічних протоколів.

3) удосконалено архітектуру згорткової нейронної мережі для класифікації гістологічних зображень шляхом автоматизованої оптимізації її топології із використанням генетичних алгоритмів та технології Neural Architecture Search, що дозволило оптимізувати структуру операцій і зв'язків між ними на мікро- та макрорівнях та підвищити точність класифікації;

4) удосконалено архітектуру нейронної мережі U-Net для сегментації імуногістохімічних зображень шляхом оптимізації гіперпараметрів (глибини мережі, кількості базових фільтрів та темпу навчання) із застосуванням генетичних алгоритмів, що забезпечило підвищення точності сегментації мікрооб'єктів та покращення якості подальшого автоматичного діагностування;

5) набула подальшого розвитку архітектура програмних систем комп'ютерного автоматичного діагностування (CAD-систем), яка, на відміну від існуючих рішень, реалізує єдиний інтегрований конвеєр аналізу біомедичних зображень, що охоплює модулі синтезу зображень, сегментації, класифікації, автоматичного визначення кількісних характеристик, логічного формування діагнозу та оцінювання якості моделей, а також базується на модульній клієнт-серверній архітектурі, принципах слабкої зв'язності компонентів та використанні стандартизованого програмного інтерфейсу взаємодії між сервісами, що забезпечує масштабованість, адаптивність і можливість інтеграції із сучасними медичними інформаційними системами.

4. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях.

4.1. Оформлення дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 221 сторінці друкованого тексту, з них 172 сторінки основного тексту, де наведено 47 рисунків та 25 таблиць, список використаних джерел складає 138 найменувань.

Дисертаційну роботу написано українською мовою грамотно, на хорошому стилістичному рівні. Застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. Зміст дисертації дозволяє скласти уявлення про основні положення, висновки і рекомендації, запропоновані автором. Стиль викладу матеріалів досліджень і

наукових положень забезпечує їх належне сприйняття. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним атестаційним вимогам.

4.2. Дотримання вимог академічної доброчесності. Проведена перевірка дисертації на наявність академічного плагіату, отримані результати свідчать про хорошу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

4.3. Основні результати дисертаційного дослідження достатньо повно викладені в 22 наукових працях, серед яких опубліковано 8 статей у наукових фахових періодичних виданнях України, 13 публікацій у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових, науково технічних конференцій, 1 авторське право на твір. 5 публікацій індексуються в міжнародних науко-метричних базах Scopus або Web of Science.

5. Наукове та практичне значення результатів дисертаційної роботи

Наукове значення виконаного дослідження полягає у розвитку теоретичних і прикладних засад автоматичного діагностування в медичних інформаційних системах на основі сучасних технологій штучного інтелекту, глибокого навчання та аналізу біомедичних зображень. У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання розроблення та вдосконалення методів і програмних засобів для підвищення точності сегментації та класифікації біомедичних зображень, що забезпечує підвищення достовірності постановки діагнозу в онкології.

Отримані результати розвивають наукові підходи до побудови інтелектуальних систем комп'ютерної діагностики, зокрема шляхом інтеграції методів глибокого навчання, генеративних моделей синтезу біомедичних зображень, технології Neural Architecture Search, генетичних алгоритмів оптимізації та продукційних моделей представлення діагностичних знань. Запропоновані методи дозволяють комплексно вирішувати задачі сегментації, класифікації та автоматичної інтерпретації результатів аналізу біомедичних зображень, що є важливим напрямом розвитку сучасних систем підтримки прийняття лікарських рішень. Суттєвим науковим результатом роботи є також розвиток архітектурних підходів до побудови програмних CAD-систем на основі модульної клієнт-серверної архітектури, що забезпечує їх масштабованість, адаптивність та інтеграцію з медичними інформаційними системами.

Практична цінність результатів дисертаційного дослідження полягає у створенні завершеної програмної системи автоматичного діагностування раку грудної залози, яка реалізує повний цикл аналізу біомедичних зображень — від їх попереднього опрацювання та сегментації до класифікації, визначення кількісних характеристик мікрооб'єктів і автоматичного формування діагностичного висновку. Розроблена програмна система може бути використана як самостійний програмний продукт або як складова сучасних медичних інформаційних систем і систем підтримки прийняття клінічних рішень.

Практична реалізація запропонованих методів забезпечує підвищення точності автоматичного аналізу гістологічних та імуногістохімічних зображень, зменшення впливу суб'єктивного фактора при інтерпретації результатів досліджень, скорочення часу постановки діагнозу та підвищення ефективності роботи лікарів-патоморфологів. Використання модульної архітектури програмної системи, стандартизованих програмних інтерфейсів та сучасних принципів проєктування програмного забезпечення забезпечує можливість її подальшого розвитку, масштабування та адаптації до інших задач комп'ютерного діагностування в медицині.

Результати дисертаційного дослідження мають високий ступінь універсальності та можуть бути використані при створенні інтелектуальних систем аналізу біомедичних зображень різної локалізації, у медичних інформаційних системах, системах підтримки прийняття лікарських рішень, а також у наукових дослідженнях, пов'язаних із застосуванням методів штучного інтелекту та глибокого навчання в медичній діагностиці. Створений науково-методичний та програмний інструментарій формує підґрунтя для подальшого розвитку інтелектуальних CAD-систем нового покоління, орієнтованих на забезпечення високої достовірності автоматичного діагностування онкологічних захворювань.

6. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

Загалом дисертаційне дослідження здійснено на високому науково-прикладному рівні. Проте, оскільки деякі його положення є дискусійними, що пов'язано з складністю досліджуваної предметної області, варто зробити певні уточнення, зауваження та рекомендації з метою подальшого удосконалення досліджуваної проблематики.

1. У дисертаційній роботі достатньо детально досліджено сучасні архітектури згорткових нейронних мереж та методи сегментації медичних зображень. Разом із тим доцільно було б ширше висвітлити питання використання сучасних трансформерних архітектур (Vision Transformer, Swin Transformer, Segment Anything Model), які останніми роками активно застосовуються при аналізі біомедичних зображень і могли б слугувати додатковою основою для порівняльного аналізу ефективності запропонованих методів.

2. У роботі наведено результати оптимізації архітектур нейронних мереж із використанням генетичних алгоритмів. Разом із тим варто б більш детально проаналізувати часову складність запропонованих алгоритмів оптимізації та оцінювання їх обчислювальної ефективності порівняно з іншими сучасними методами автоматичного пошуку архітектур нейронних мереж.

3. Автором запропоновано продукційну модель представлення діагностичних знань, яка ефективно реалізує логіку формування автоматичного діагностичного висновку. Разом із тим перспективним напрямом розвитку дослідження могло б стати створення гібридної моделі представлення медичних знань, яка поєднувала б продукційні правила, онтологічне представлення предметної області та методи Explainable Artificial Intelligence (XAI). Такий підхід дозволив би не лише підвищити інтерпретованість процесу прийняття рішень, але й забезпечити семантичну узгодженість медичних знань, спростити інтеграцію з клінічними інформаційними системами та розширити можливості повторного використання знань.

4. У роботі проведено комплексне експериментальне дослідження ефективності запропонованих методів. Водночас для більш повної оцінки практичної придатності розробленої системи доцільно було б навести результати її тестування на додаткових незалежних наборах гістологічних та імуногістохімічних зображень, сформованих в інших медичних установах.

5. Практична реалізація програмної системи виконана на високому технічному рівні. Разом із тим доцільно було б приділити більше уваги питанням інтеграції розробленого програмного забезпечення із сучасними медичними інформаційними системами, зокрема шляхом використання міжнародних стандартів обміну медичними даними (HL7 FHIR, DICOM), що розширило б можливості його практичного впровадження.

Однак, наведені вище зауваження не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційного дослідження в цілому.

7. Висновки

7.1. Дисертаційна робота Лящинського Павла Борисовича є самостійним, оригінальним, завершеним науковим дослідженням, у якій отримано нові науково-обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальне наукове завдання, яке полягає у розробці та вдосконаленні методів і програмних засобів на основі технології глибокого навчання для підвищення точності сегментації та класифікації біомедичних зображень, що забезпечує підвищення достовірності постановки діагнозу в онкології.

7.2. Одержані наукові та практичні результати є вагомим внеском у розвиток теорії та практики автоматичного діагностування в медичних інформаційних системах, аналізу біомедичних зображень та інженерії програмного забезпечення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Наукові результати дисертації спрямовані на розвиток методів класифікації та сегментації біомедичних зображень із використанням сучасних технологій глибокого навчання, генеративних моделей, оптимізації архітектур нейронних мереж і моделей представлення діагностичних знань, а також на створення програмної системи автоматичного діагностування онкологічних захворювань. Зміст дисертаційної роботи повністю відповідає спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та галузі знань 12 «Інформаційні технології».

7.3. Отже, дисертаційна робота «Методи та програмні засоби автоматичного діагностування в медичних системах» за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення поставлених наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів, практичних висновків та рекомендацій, повноти викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутності порушень академічної доброчесності, відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6. – 9 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а її автор, Лящинський Павло Борисович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

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

Андрій Мельник

13.07.2026

