

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Соломатіна Владислава Андрійовича** на тему
**«Розроблення моделей та програмного забезпечення підтримки
прийняття рішень під час діагностики за медичними даними»**,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 –
Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертації. Серцево-судинні захворювання залишаються однією з провідних причин смертності населення у світі, а ішемічна хвороба серця є найбільш поширеною патологією, що потребує своєчасної діагностики. Незважаючи на активний розвиток цифрової медицини, автоматизований аналіз рентгенографічних зображень органів грудної клітки залишається складною науковою задачею через низький контраст окремих анатомічних структур, наявність шумів, артефактів, варіативність анатомії пацієнтів та обмеженість якісно розмічених наборів медичних даних.

Одним із перспективних напрямів підвищення якості автоматизованого аналізу є використання методів глибокого навчання. Проте більшість існуючих архітектур є універсальними та не враховують специфіку сегментації серцевої області на CXR-зображеннях, що негативно впливає на точність визначення контурів серця і, відповідно, на подальший аналіз морфометричних характеристик.

У цьому контексті тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки спрямована на створення спеціалізованої архітектури сегментації та програмного забезпечення підтримки прийняття рішень, які враховують контурні та морфологічні особливості серцевої області, забезпечують підвищення якості сегментації та можуть бути використані як складова сучасних медичних інформаційних систем.

Наукова новизна отриманих автором результатів полягає у розробленні нових моделей та програмного забезпечення підтримки прийняття рішень під час аналізу медичних даних, що забезпечують підвищення якості автоматизованої сегментації серцевої області на рентгенографічних зображеннях органів грудної клітки та формування допоміжного класифікаційного висновку для виявлення ішемічної хвороби серця.

До найбільш вагомих наукових результатів, одержаних автором, належать:

1. Вперше розроблено модель CardioEdgeBioMorphNet для автоматизованої сегментації серцевої області на рентгенографічних зображеннях органів грудної клітки, яка відрізняється інтеграцією модулів EdgeMorphBlock, Differentiable Multi-Granularity Gated Attention (DMGGA) та Adaptive Boundary Rejection (ABR), що дозволяє підвищити якість локалізації меж серця та покращити результати сегментації порівняно з використаними базовими архітектурами;

2. Удосконалено метод автоматизованого аналізу рентгенографічних зображень шляхом використання морфометричних характеристик сегментованої серцевої області для формування інформативного опису, який застосовується у системі підтримки прийняття рішень під час діагностики ішемічної хвороби серця;

3. Набули подальшого розвитку методи застосування згорткових нейронних мереж для аналізу медичних зображень за рахунок комплексного використання багатомасштабного вилучення ознак, адаптивного уточнення контурів та пригнічення невизначених прикордонних областей, що сприяє підвищенню точності сегментації на клінічних рентгенографічних зображеннях.

Наукові результати, отримані автором, є достатньо обґрунтованими, підтверджуються результатами теоретичних досліджень, експериментальної перевірки, порівнянням із сучасними базовими архітектурами семантичної сегментації та результатами абляційного аналізу, що свідчить про їх наукову достовірність і практичну цінність.

Практичне значення результатів роботи полягає у розробленні моделі та програмного забезпечення підтримки прийняття рішень, призначених для автоматизованої сегментації серцевої області на рентгенографічних зображеннях органів грудної клітки з подальшим формуванням допоміжного класифікаційного висновку щодо виявлення ішемічної хвороби серця.

Запропоновані автором моделі та програмне забезпечення можуть бути використані як складові сучасних медичних інформаційних систем і систем підтримки прийняття лікарських рішень, спрямованих на автоматизацію аналізу рентгенографічних досліджень. Використання розробленого програмного забезпечення дозволяє автоматизувати виділення серцевої області, отримувати її морфометричні характеристики та формувати допоміжну інформацію для лікаря під час аналізу результатів рентгенографічного обстеження.

Практична цінність роботи підтверджується створенням програмного забезпечення, проведенням його експериментальної перевірки на клінічних даних, а також порівнянням ефективності запропонованої моделі з відомими архітектурами семантичної сегментації. Отримані результати свідчать про доцільність використання розроблених моделей для підвищення якості автоматизованого аналізу медичних зображень.

Одержані результати можуть бути використані у наукових дослідженнях, пов'язаних із застосуванням методів машинного та глибокого навчання для аналізу медичних зображень, а також у навчальному процесі під час викладання дисциплін, присвячених машинному навчанню, комп'ютерному баченню, аналізу медичних даних та інженерії програмного забезпечення.

Практичне значення одержаних результатів є достатньо обґрунтованим, а запропоновані автором рішення мають перспективи подальшого розвитку та впровадження у практику автоматизованого аналізу медичних зображень.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. Дисертаційна робота виконана на належному науково-методичному рівні та відповідає вимогам, що висуваються до досліджень третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

Вважаю, що одержані автором результати є достатньо обґрунтованими та достовірними. Це забезпечується коректною постановкою мети та завдань дослідження, використанням сучасних методів машинного навчання, комп'ютерного бачення та глибинного навчання, застосуванням математично обґрунтованих методів оброблення даних і сучасних технологій інженерії програмного забезпечення.

Достовірність отриманих результатів підтверджується проведенням експериментальних досліджень на клінічному наборі рентгенографічних зображень органів грудної клітки, використанням загальноприйнятих метрик оцінювання якості сегментації та класифікації, виконанням абляційного аналізу запропонованої моделі, а також порівнянням її ефективності з базовими архітектурами семантичної сегментації.

Основні положення дисертації є логічно взаємопов'язаними, висновки відповідають поставленим завданням дослідження, ґрунтуються на результатах теоретичних та експериментальних досліджень і належним чином підтверджені наведеними у роботі результатами.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаним науковим дослідженням, у якому всі основні наукові результати отримані автором особисто.

Здобувачем самостійно проведено аналіз сучасного стану досліджень у галузі автоматизованого аналізу медичних зображень, сформульовано мету та завдання дослідження, розроблено модель, запропоновано її архітектурні компоненти, зокрема EdgeMorphBlock, Differentiable Multi-Granularity Gated Attention (DMGGA) та Adaptive Boundary Rejection (ABR), а також реалізовано програмне забезпечення для автоматизованої сегментації серцевої області на рентгенографічних зображеннях органів грудної клітки.

Автором сформовано набір даних для проведення досліджень, виконано підготовку та попередню обробку рентгенографічних зображень, проведено навчання моделей, експериментальні дослідження, абляційний аналіз, порівняння із базовими архітектурами семантичної сегментації та аналіз отриманих результатів. Усі основні висновки дисертаційної роботи сформульовані здобувачем на підставі власних теоретичних і експериментальних досліджень.

Наукові результати, опубліковані у співавторстві, отримані за безпосередньої участі здобувача. Особистий внесок автора в таких публікаціях полягає у постановці задач дослідження, розробленні моделей та програмного забезпечення, проведенні експериментальних досліджень, аналізі отриманих результатів і підготовці матеріалів до публікації. Обсяг особистого внеску автора є достатнім для визнання одержаних результатів такими, що належать здобувачу.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи. Основні результати дисертаційної роботи достатньою мірою висвітлені в наукових публікаціях автора та пройшли необхідну наукову апробацію.

За матеріалами дисертаційного дослідження опубліковано 5 наукових статей у фахових виданнях України категорії «Б» та 7 тез доповідей у матеріалах міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференцій. Опубліковані праці відображають основні наукові положення дисертації, результати теоретичних і експериментальних досліджень, а також одержані автором висновки.

Зокрема, результати дослідження були представлені на міжнародній науково-практичній конференції «Наука, освіта та суспільство в ХХІ столітті: наукові ідеї та механізми реалізації», м. Полтава, 14 грудня 2021 р., міжнародних науково-практичних конференціях «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем» (МПЗІС-2023 - м. Дніпро, 22-24 листопада 2023 р., МПЗІС-2024 - м. Дніпро, 20-22 листопада 2024 р., МПЗІС-2025 - м. Дніпро, 19-21 листопада 2025 р.), міжнародній конференції з автоматичного керування «Автоматика 2024», м. Дніпро, 20-22 листопада 2024 р., V міжнародній науковій конференції «Глобальні виклики та інновації: шляхи розвитку сучасної науки», м. Одеса, 16 січня 2026 р., IX міжнародній науковій конференції «Міжгалузеві диспути: динаміка та розвиток сучасних наукових досліджень», м. Харків, 30 січня 2026 р. та підсумкових наукових конференціях Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (м. Дніпро, 2022, 2023, 2024, 2026).

Кількість, характер та рівень наукових публікацій відповідають чинним вимогам до апробації результатів дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а їх зміст свідчить про достатню повноту висвітлення основних результатів виконаного дослідження.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 190 сторінок, з яких 149 сторінок — основний текст. Робота містить 21 рисунок, 10 таблиць, список використаних джерел із 93 найменувань та 2 додатки.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, відображено особистий внесок здобувача, наведено відомості щодо апробації результатів дослідження та їх оприлюднення.

У *першому розділі* проведено аналіз класичних і сучасних методів сегментації медичних зображень, зокрема рентгенографічних зображень органів грудної клітки. Розглянуто сучасні архітектури глибокого навчання, їх переваги та недоліки при виділенні серцевої області, визначено основні проблеми існуючих підходів та обґрунтовано доцільність використання морфологічно орієнтованих і edge-aware механізмів для підвищення точності сегментації.

У другому розділі сформульовано задачу автоматизованої сегментації серцевої області на CXR-зображеннях, наведено характеристику використаного набору даних, описано процес підготовки та розмітки даних, формування навчальної, валідаційної та тестової вибірок, методи попередньої обробки й аугментації зображень, а також обґрунтовано вибір метрик оцінювання якості сегментації.

У третьому розділі представлено розроблену автором модель CardioEdgeBioMorphNet та детально описано її архітектуру. Наведено принципи побудови encoder-decoder структури, обґрунтовано використання блоків EdgeMorphBlock, Sobel edge-гілки, модуля ASPP, механізмів SoftMorphPool2D, DMGGA та edge-fusion, а також запропонованого механізму Adaptive Boundary Rejection, який забезпечує уточнення меж серцевої області та зменшення кількості хибнопозитивних включень.

У четвертому розділі наведено опис програмної реалізації розробленої моделі, особливості експериментального конвеєра навчання та тестування, результати порівняння із базовими архітектурами семантичної сегментації, результати абляційного дослідження та візуального аналізу якості сегментації. Отримані експериментальні результати підтвердили доцільність використання запропонованої моделі для автоматизованого виділення серцевої області на рентгенографічних зображеннях органів грудної клітки.

У висновках узагальнено основні результати виконаного дослідження, сформульовано наукові та практичні висновки відповідно до поставлених завдань, а також окреслено перспективні напрями подальшого розвитку запропонованої моделі та програмного забезпечення.

Перелік використаних джерел містить повну інформацію про літературні та інформаційні ресурси, залучені до дослідження.

Загалом дисертаційна робота має логічну, послідовну та завершену структуру, а її зміст повністю відповідає поставленій меті та завданням дослідження.

Мова та стиль викладення результатів. Дисертаційну роботу викладено українською мовою. Матеріал подано логічно, послідовно та у зрозумілій формі, що забезпечує цілісне сприйняття результатів дослідження. Викладення матеріалу відповідає вимогам, які висуваються до наукових праць такого рівня.

Загалом дисертаційна робота характеризується логічною структурою, належним рівнем оформлення та професійним стилем викладення матеріалу, що сприяє повному й коректному сприйняттю отриманих автором результатів.

Дискусійні питання і зауваження. Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу в цілому, вважаю за доцільне висловити окремі зауваження та побажання, які не знижують її загальної наукової та практичної цінності.

1. У першому розділі дисертації доцільно було б більш детально проаналізувати сучасні архітектури сегментації медичних зображень та навести їх порівняльний аналіз із запропонованим підходом. Це дозволило б чіткіше визначити місце розробленої моделі серед сучасних наукових досліджень.

2. Експериментальні дослідження виконано на клінічному наборі рентгенографічних зображень одного медичного закладу. Для підтвердження узагальнювальної здатності запропонованої моделі доцільним було б провести її зовнішню валідацію на незалежних відкритих наборах даних або даних інших медичних установ.

3. У роботі зазначено можливість використання запропонованої архітектури для інших задач аналізу медичних зображень. Разом із тим такі твердження потребують додаткового експериментального підтвердження, зокрема шляхом апробації моделі на інших наборах даних або суміжних задачах комп'ютерного зору.

4. У роботі перспективним напрямом подальших досліджень може бути оцінювання ефективності запропонованої архітектури із використанням попередньо навчених моделей, що дозволило б оцінити вплив трансферного навчання на якість сегментації.

5. Робота містить опис програмної реалізації запропонованого підходу, однак доцільно було б більш детально висвітлити питання масштабованості програмного забезпечення та можливостей його інтеграції з існуючими медичними інформаційними системами.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, її наукову новизну, практичне значення та достовірність отриманих результатів.

Загальний висновок. Дисертаційна робота Соломатіна Владислава Андрійовича на тему «Розроблення моделей та програмного забезпечення підтримки прийняття рішень під час діагностики за медичними даними» є завершеною самостійною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають істотне значення для розвитку методів аналізу медичних даних та інженерії програмного забезпечення.

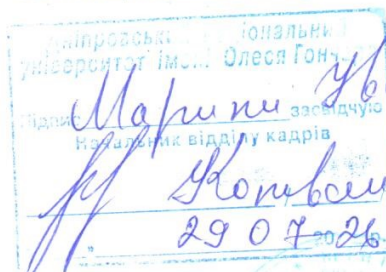
Результати дисертації характеризуються належним рівнем наукової новизни, теоретичної обґрунтованості та практичної цінності. Поставлені у роботі завдання повністю виконано, а сформульовані висновки є логічними, аргументованими та підтверджуються результатами експериментальних досліджень.

За змістом, структурою, рівнем виконання, науковою новизною та практичним значенням дисертаційна робота відповідає вимогам 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 № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами), а також вимогам, що висуваються до дисертацій за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Вважаю, що Соломатін Владислав Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент

доцент кафедри
інженерії програмного забезпечення
та інформаційних технологій
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
кандидат техн. наук, доцент



Марина ІВАНЧЕНКО



Підпис канд. техн. наук, доцента Іванченко М.Г. засвідчую:

Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
кандидат біологічних наук, професор



Олег МАРЕНКОВ