

Голові разової спеціалізованої вченої ради №14933
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
д.т.н, професору
Литвиненку Ярославу Володимировичу

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Гринюка Івана Олександровича

«Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 16 – Хімічна та біоінженерія
за спеціальністю 163 – Біомедична інженерія

1. Актуальність теми дисертаційної роботи та зв'язок з науковими напрямками, темами

Актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена сучасними тенденціями розвитку медичних інформаційних технологій та біомедичної інженерії, зокрема широким впровадженням інтраскопічних методів діагностики, які відіграють ключову роль у ранньому виявленні патологій та проведенні малоінвазивних втручань. Якість інтраскопічних зображень безпосередньо впливає на достовірність діагностичних рішень, однак у реальних умовах формування зображень суттєвими є впливи неоднорідного освітлення, шумових та деградаційних факторів, що обмежує ефективність традиційних методів обробки.

У зв'язку з цим розроблення нових адаптивних методів підвищення якості інтраскопічних зображень, які забезпечують одночасне покращення контрастності, пригнічення шумів та збереження структурної інформативності, є актуальним науково-прикладним завданням.

Дисертаційна робота виконана відповідно до наукових напрямів розвитку ТНТУ ім. Івана Пулюя та кафедри біотехнічних систем у галузі біомедичної інженерії, цифрової обробки біомедичних сигналів і зображень та інтелектуальних медичних систем. Тематика дослідження відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України та пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт, зокрема Гринюк І.О. є виконавцем науково-дослідної роботи «Інформаційні технології Data Science та Big Data в кіберфізичних системах медико-біологічних процесів» (2022–2024 рр., Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, керівник – д.т.н., проф. А.С. Сверстюк). Номер державної реєстрації № 0122U000030.

2. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі отримано нові наукові результати, що полягають у такому:

– **вперше** сформульовано задачу підвищення якості інтраскопічних зображень як багатокритеріальну оптимізаційну задачу з урахуванням структурної подібності, рівня шуму, контрастності та збереження межових структур;

– **вперше** розроблено адаптивний просторово-частотний метод підвищення якості інтраскопічних зображень, який забезпечує одночасну компенсацію неоднорідного освітлення, пригнічення шумів та збереження діагностично значущих елементів зображення;

– **удосконалено** математичну модель формування інтраскопічного зображення шляхом урахування мультиплікативної складової освітлення та адитивно-мультиплікативних шумів;

– **удосконалено** підхід до оцінювання якості інтраскопічних зображень на основі узгодженого використання метрик PSNR, SSIM та CNR;

– **набули подальшого розвитку** методи експериментальної верифікації ефективності алгоритмів обробки медичних зображень шляхом застосування статистичних методів аналізу (ROC-криві, тест DeLong).

Отримані результати є науково обґрунтованими, мають теоретичне та практичне значення і розширюють існуючі підходи до обробки медичних зображень.

3. Практична цінність одержаних результатів

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у можливості використання розробленого методу та програмно-апаратного засобу для підвищення якості інтраскопічних зображень у реальних умовах медичної діагностики.

Отримані результати можуть бути застосовані:

– у системах інтраскопічної візуалізації (ендоскопія, лапароскопія) для покращення якості зображень;

– у програмно-апаратних комплексах обробки медичних зображень;

– у медичних інформаційних системах підтримки прийняття рішень;

– у науково-дослідних та клінічних установах.

Розроблені алгоритми реалізовані у вигляді програмного забезпечення (MATLAB), що підтверджує їх практичну придатність. Практичне значення результатів підтверджується наявністю актів впровадження.

Результати роботи також можуть бути використані у навчальному процесі за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія» при викладанні дисциплін, пов'язаних із цифровою обробкою біомедичних сигналів і зображень.

4. Повнота викладення результатів дослідження у наукових публікаціях

Основні наукові результати дисертаційної роботи повною мірою відображені у наукових публікаціях здобувача, які відповідають вимогам пункту 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

За темою дисертації опубліковано 6 наукових праць, з яких: три статті у наукових фахових виданнях України, та апробовано на міжнародних науково-практичних конференціях, зокрема, одна публікація – у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах, матеріали міжнародних науково-практичних конференцій.

У публікаціях повністю відображено основні результати дисертації, зокрема: постановку наукового завдання, розроблення адаптивного методу обробки інтраскопічних зображень, математичне обґрунтування запропонованого підходу, результати експериментальної верифікації.

Особистий внесок здобувача є визначальним і полягає у формулюванні наукової ідеї, розробленні алгоритмів, програмній реалізації та аналізі отриманих результатів.

5. Ступінь обґрунтованості та достовірність сформульованих в дисертації наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та достовірними.

Обґрунтованість отриманих результатів забезпечується коректним використанням сучасного математичного апарату, методів цифрової обробки зображень та узгодженістю запропонованих підходів із відомими теоретичними положеннями у галузі біомедичної інженерії.

Достовірність результатів підтверджується:

- результатами математичного моделювання;
- проведеними експериментальними дослідженнями на реальних інтраскопічних зображеннях;
- застосуванням об'єктивних метрик оцінювання якості (PSNR, SSIM, CNR);
- використанням статистичних методів аналізу (ROC-криві, тест DeLong);
- порівнянням із результатами, отриманими за допомогою відомих методів.

Отримані результати є відтворюваними, узгоджуються з сучасними науковими даними та не суперечать відомим теоретичним положенням.

6. Оцінка змісту дисертації

Дисертаційна робота характеризується цілісною структурою, логічною послідовністю викладу матеріалу та достатнім рівнем наукової аргументації. Зміст роботи загалом відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та забезпечує розкриття поставленого наукового завдання.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, чітко визначено мету, об'єкт, предмет та завдання, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Водночас окремі положення новизни могли б бути структуровані більш компактно, що підвищило б їх сприйняття.

У **першому розділі** виконано аналіз сучасного стану проблеми підвищення якості інтраскопічних зображень. Автором розглянуто широкий спектр існуючих методів, включаючи класичні підходи та сучасні алгоритми обробки зображень.

Водночас аналіз методів на основі глибокого навчання міг би бути поданий більш розгорнуто, з урахуванням сучасних тенденцій розвитку галузі.

Другий розділ містить теоретичне обґрунтування запропонованого підходу. Позитивним є формалізація задачі як багатокритеріальної оптимізації та обґрунтування вибору критеріїв оцінювання якості. Разом із тим, питання вибору вагових коефіцієнтів потребує дещо більш детального пояснення з позицій практичної інтерпретації.

У **третьому розділі** наведено опис алгоритмічної реалізації методу та його програмної реалізації. Розділ виконано на належному технічному рівні, однак доцільним було б більш детально розглянути питання обчислювальної складності алгоритму та можливості його застосування в режимі реального часу.

Четвертий розділ присвячений експериментальній верифікації. Автором проведено порівняння із відомими методами та використано об'єктивні метрики оцінювання якості, що є безумовною перевагою роботи. Особливо слід відзначити застосування статистичних методів аналізу. Разом із тим, окремі візуальні результати могли б бути представлені більш контрастно для кращої ілюстрації отриманих переваг.

Висновки відповідають змісту роботи, узагальнюють отримані результати та відображають досягнення поставленої мети.

Список використаних джерел є достатньо об'ємним, включає сучасні публікації, у тому числі праці українських і зарубіжних авторів, а також публікації здобувача за темою дисертації. Оформлення списку загалом відповідає вимогам ДСТУ 8302:2015. Разом із тим, окремі джерела потребують додаткової перевірки на предмет повноти бібліографічного опису та актуалізації посилань на новітні дослідження.

Додатки є інформативними та доповнюють основний зміст дисертації. Вони містять фрагменти програмного коду реалізованого методу, що підтверджує практичну реалізацію отриманих результатів, а також акти впровадження, які засвідчують практичне застосування розроблених рішень. Наявність додатків підвищує достовірність та прикладну значущість виконаного дослідження.

У цілому зміст дисертації є достатньо повним, логічно узгодженим та свідчить про високий рівень підготовки здобувача. Виявлені зауваження носять рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

7. Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального наукового завдання підвищення якості інтраскопічних зображень і виконана на належному науково-методичному рівні.

Отримані результати характеризуються науковою новизною, обґрунтованістю та практичною значущістю, що підтверджено теоретичними дослідженнями, результатами моделювання та експериментальною перевіркою.

За змістом, логікою викладення матеріалу, рівнем узагальнення результатів, а також за відповідністю встановленим вимогам до структури та оформлення,

дисертаційна робота відповідає вимогам пункту 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...» (Постанова КМУ № 44 від 12.01.2022).

8. Зауваження до дисертації

1. У роботі запропоновано багатокритеріальний підхід до оцінювання якості інтраскопічних зображень. Разом із тим, певний інтерес становило б більш детальне висвітлення підходів до вибору вагових коефіцієнтів, зокрема з урахуванням їх адаптації до змін умов формування зображення.

2. При розробленні методу обробки зображень доцільним було б додатково охарактеризувати його обчислювальні характеристики та потенційні можливості застосування у режимі реального часу.

3. Запропонована математична модель формування інтраскопічного зображення є достатньо обґрунтованою, однак її можна було б розширити шляхом врахування додаткових нелінійних ефектів, що виникають у процесі формування зображення.

4. У роботі використано загальноприйняті метрики оцінювання якості (PSNR, SSIM, CNR), що є цілком обґрунтованим. Разом із тим, перспективним напрямом подальших досліджень могло б бути залучення додаткових перцепційно орієнтованих критеріїв.

5. Використання ROC-аналізу та статистичних методів оцінювання є сильною стороною роботи. Водночас певного уточнення могла б потребувати процедура формування вибірок для статистичного аналізу.

6. Представлений підхід продемонстрував ефективність для інтраскопічних зображень. Разом із тим, цікавим напрямом подальших досліджень є його адаптація до інших типів медичних зображень.

7. Результати експериментальних досліджень є переконливими, однак їх можна було б доповнити аналізом чутливості методу до зміни параметрів вхідних даних.

8. Програмна реалізація методу виконана на належному рівні. Для подальшого використання доцільним було б більш детально описати структуру програмного забезпечення.

Проте, зазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності роботи і не впливають на загальну позитивну оцінку наукових результатів, а лише можуть стати стимулом для подальших досліджень у цьому дуже важливому науковому напрямку.

9. Висновки:

1. У дисертаційній роботі Гринюка Івана Олександровича на тему «Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій» вирішено актуальне наукове завдання підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах

неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій шляхом розроблення адаптивного багатокритеріального просторово-частотного методу їх обробки.

2. Отримані результати характеризуються науковою новизною, обґрунтованістю та практичною цінністю. Запропонований метод забезпечує підвищення якості інтраскопічних зображень при збереженні їх структурної інформативності, що є важливим для підвищення точності діагностики.

3. Результати роботи можуть бути використані у системах медичної візуалізації, зокрема в ендоскопічних та інших інтраскопічних системах, а також у навчальному процесі при підготовці фахівців з біомедичної інженерії.

4. Вважаю, що дисертаційна робота «Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій» відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (із змінами) та Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р., а її автор, Гринюк Іван Олександрович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія», галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія».

Рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біотехнічних систем
Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя



Василь ДОГОРСЬКИЙ



Vasyl Dohorskyi
Prof. O. Grinuk