

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Тернопільського національного
технічного університету імені Івана Пулюя
доктору технічних наук, професору
ЛИТВИНЕНКУ Ярославу Володимировичу

ВІДГУК
офіційного опонента

Заслуженого діяча науки і техніки України, доктора технічних наук,
професора, професора кафедри біомедичної інженерії
та оптико-електронних систем

Вінницького національного технічного університету

ПАВЛОВА Сергія Володимировича

на дисертаційну роботу

ГРИНЮКА Івана Олександровича

за темою «**Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості
інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та
нестационарних деградацій**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія»,
за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія»

Актуальність теми дисертаційного дослідження.

Дисертаційна робота Гринюка Івана Олександровича присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі біомедичної інженерії, що полягає у розробленні методу та програмно-апаратного засобу підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестационарних деградацій.

Сучасний розвиток медичної діагностики характеризується широким використанням інтраскопічних систем в ендоскопії, лапароскопії, бронхоскопії, урології, гастроентерології та інших напрямках клінічної практики. Водночас процес формування інтраскопічних зображень відбувається у складному біологічному середовищі, яке характеризується неоднорідністю освітлення, оптичним розсіюванням, наявністю біологічних рідин, відблисків, шумів різної природи та артефактів руху. Це призводить до зниження контрастності, просторової роздільної здатності та втрати діагностично значущої інформації.

Існуючі методи цифрової обробки зображень здебільшого орієнтовані на загальні задачі комп'ютерного зору та не повною мірою враховують специфіку формування інтраскопічного сигналу, мультиплікативний характер освітлення та нестационарність деградаційних процесів. Застосування традиційних

алгоритмів фільтрації може спричиняти появу штучних структур, зниження різкості меж анатомічних об'єктів та втрату діагностичної інформативності.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розроблення адаптивних методів підвищення якості інтраскопічних зображень, які базуються на фізично обґрунтованих моделях формування зображення, забезпечують компенсацію неоднорідного освітлення, пригнічення шумів та збереження структурно значущих деталей. Важливим є також створення програмних рішень, що можуть бути інтегровані у вже існуючі діагностичні комплекси без модернізації їх апаратної складової.

Таким чином, тема дисертаційного дослідження є актуальною, має важливе теоретичне та практичне значення для розвитку сучасної біомедичної інженерії, цифрової медичної візуалізації та інтелектуальних систем підтримки медичної діагностики.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Отримані в роботі наукові результати та сформульовані на їх основі висновки мають достатню повноту обґрунтування. Наукові положення, що виносяться на захист, викладені у доказовій формі, спираються на проведений аналіз та результати обчислювальних експериментів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в тому, що автором:

- запропоновано адаптивний багатокритеріальний просторово-частотний метод підвищення якості інтраскопічних зображень, який забезпечує узгоджену обробку інформації у просторовій та частотній областях з урахуванням локальних характеристик зображення;

- вперше сформульовано задачу підвищення якості інтраскопічних зображень як багатокритеріальну оптимізаційну задачу із одночасним урахуванням критеріїв структурної подібності, контрастності та збереження меж об'єктів;

- удосконалено математичну модель формування інтраскопічного зображення шляхом врахування мультиплікативної складової освітлення та адитивно-мультиплікативного характеру шумів;

- удосконалено методи адаптивної нормалізації та просторово-частотної компенсації деградацій в умовах неоднорідного освітлення;

- набули подальшого розвитку методи оцінювання якості медичних зображень шляхом комплексного застосування метрик PSNR, SSIM, CNR, ROC-аналізу та статистичного аналізу результатів.

Достовірність наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі, забезпечується коректним формулюванням задачі дослідження, використанням апробованих методів математичного моделювання процесу формування зображень, теорії багатокритеріальної оптимізації, цифрової обробки сигналів і

зображень, багатомасштабного аналізу, адаптивної модифікації коефіцієнтів у частотному просторі, статистичних методів оцінювання якості (SSIM, CNR, ROC-аналіз, тест DeLong), а також методів експериментальної верифікації результатів.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у створенні програмно-апаратного засобу підвищення якості інтраскопічних зображень, реалізованого у середовищі MATLAB, який може бути інтегрований у сучасні інтраскопічні системи без зміни їх апаратної конфігурації, що забезпечує можливість покращення візуалізації анатомічних структур та підвищення достовірності попереднього аналізу медичних зображень у клінічній практиці.

Запропонований підхід забезпечує покращення візуалізації анатомічних структур, підвищення інформативності медичних зображень та достовірності попереднього діагностичного аналізу. Отримані результати можуть бути використані у клінічній практиці, телемедичних системах, комплексах підтримки прийняття лікарських рішень, а також у навчальному процесі підготовки фахівців зі спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

Викладене вище дає підстави стверджувати, що дисертаційне дослідження виконане на належному науково-теоретичному рівні, містить наукову новизну та має практичну цінність для відповідної предметної галузі.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача повністю відповідає стандарту вищої освіти за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія» третього (освітньо-наукового) рівня. Структура роботи є логічною та послідовною, усі розділи взаємопов'язані між собою, а сформульовані у вступі завдання повністю вирішені у процесі дослідження. Дисертація є завершеною науковою працею, що містить самостійно отримані результати, які мають наукову новизну та практичне значення.

Звіт подібності щодо дисертаційного дослідження надає можливість зробити висновок, що всі отримані в роботі результати базуються на самостійних дослідженнях Івана ГРИНЮКА. Всі результати роботи інших авторів містять посилання на першоджерела та оформлені відповідно до вимог.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено у логічній послідовності, із чітким взаємозв'язком між окремими розділами. Автор коректно використовує сучасну термінологію біомедичної інженерії, цифрової обробки медичних зображень та інформаційних технологій. Результати досліджень супроводжуються достатньою кількістю рисунків,

таблиць, структурних схем та математичних залежностей, що полегшує сприйняття матеріалу. Стиль викладення відповідає вимогам до дисертаційних досліджень, а окремі редакційні неточності не впливають на загальне позитивне враження від роботи.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 89 найменувань та 3 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 163 сторінки, основна частина дисертації становить 106 сторінок, містить 20 рисунків та 6 таблиць.

У вступі обґрунтовано актуальність вибору теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, описано використані методи, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про публікації та апробацію.

У першому розділі дисертаційної роботи наведено аналіз сучасного стану розвитку інтраскопічних діагностичних систем та існуючих підходів до підвищення якості медичних зображень. Розглянуто основні чинники, що зумовлюють деградацію інтраскопічних зображень, зокрема неоднорідність освітлення, адитивні й адитивно-мультиплікативні шуми, оптичні викривлення та артефакти, пов'язані з рухом об'єкта дослідження. Визначено недоліки традиційних методів обробки та обґрунтовано доцільність застосування багатокритеріального підходу до вирішення задачі підвищення якості інтраскопічних зображень.

У другому розділі запропоновано математичну модель формування інтраскопічного зображення, яка враховує вплив неоднорідного освітлення та шумових складових різної природи. На її основі сформульовано задачу підвищення якості зображень у вигляді багатокритеріальної оптимізаційної задачі. Розроблено адаптивний просторово-частотний метод обробки, що поєднує процедури логарифмічної компенсації освітлення, багатомасштабного аналізу та локально-адаптивного коригування параметрів обробки. Теоретичні та експериментальні дослідження підтвердили стійкість запропонованого підходу до впливу нестационарних деградацій і зміни умов формування зображень.

У третьому розділі представлено алгоритмічне забезпечення запропонованого методу та описано його програмну реалізацію у середовищі MATLAB. Розроблений програмний модуль забезпечує відтворюваність отриманих результатів, можливість їх подальшої верифікації та перспективи інтеграції у сучасні медичні інформаційно-діагностичні комплекси.

У четвертому розділі наведено результати експериментальної перевірки ефективності запропонованого методу. Проведено його порівняння з відомими підходами цифрової обробки медичних зображень. За результатами кількісного оцінювання встановлено підвищення показників структурної подібності (SSIM), контрастності (CNR) та покращення стійкості до шумових впливів у порівнянні з традиційними методами обробки інтраскопічних зображень.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Основні наукові результати дисертації опубліковано в 6 працях, зокрема: трьох статтях у наукових фахових періодичних виданнях, здійснено апробацію на міжнародних наукових конференціях з опублікуванням 3-ох тез (одна теза у входить до міжнародних наукометричних баз Web of Science та Scopus).

Основні положення дисертації доповідалися та обговорювалися на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях: 6-та міжнародна науково-практична конференція «Scientific Exploration: Bridging Theory and Practice» (February 16-18, 2026, Berlin, Germany), 3-я Міжнародна науково-практична конференція «Scientific Progress: Theories, Applications and Global Impact» (March 2-4, 2026, Braga, Portugal).

Також результати дисертаційних досліджень доповідалося на наукових семінарах кафедри біотехнічних систем ТНТУ ім. І. Пулюя (2022–2026 pp.)

У наукових роботах, опублікованих у співавторстві, в дисертаційній роботі використані лише ті результати, які становлять індивідуальний внесок здобувача.

Зауваження та пропозиції до дисертаційної роботи:

1. У роботі недостатньо детально наведено порівняння запропонованого підходу із сучасними методами глибокого навчання та нейромережними архітектурами підвищення якості медичних зображень.
2. Доцільним було б більш детально проаналізувати обчислювальну складність алгоритму та можливість його реалізації в режимі реального часу.
3. У дисертації обмежено висвітлено питання тестування методу на великих клінічних базах інтраскопічних даних, отриманих у різних медичних закладах.
4. Бажано було б представити результати експериментального дослідження впливу вибору параметрів багатокритеріальної оптимізації на якість кінцевого результату.
5. Практичну цінність роботи підвищило б наведення прикладів інтеграції розробленого програмного засобу у конкретні комерційні інтраскопічні системи.
6. У роботі трапляються окремі стилістичні та редакційні неточності, що не впливають на загальний науковий рівень дослідження.

Наведені зауваження мають переважно рекомендаційний характер і не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота здобувача **ГРИНЮКА Івана Олександровича** за темою «Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій», виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. Сукупність представлених теоретичних та практичних результатів розв'язує поставлену наукову задачу розроблення та наукове обґрунтування методу і програмно-апаратного засобу підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах складних оптичних та шумових спотворень.

За рівнем наукової новизни та практичного значення 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 від 12 січня 2022 р. № 44.

Автор дисертаційної роботи, **ГРИНЮК Іван Олександрович**, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія».

Офіційний опонент:

Заслужений діяч науки і техніки України,
доктор технічних наук, професор
кафедри біомедичної інженерії
та оптико-електронних систем
Вінницького національного
технічного університету



Сергій ПАВЛОВ

Учений секретар Вченої ради ВНТУ
кандидат технічних наук, доцент



Інна ВІШТАК