

## ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації  
Гринюка Івана Олександровича здобувача ступеня доктора філософії з галузі  
знань 16 – Хімічна та біоінженерія за спеціальністю 163 Біомедична інженерія  
«Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в  
умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій»

Науковий керівник:

к.т.н., доцент, завідувачка кафедри біотехнічних систем Яворська Євгенія Богданівна

### **Ким і коли затверджена тема дисертації.**

Тема дисертації на здобуття ступеня доктора філософії «Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій» затверджена на засіданні вченої ради Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя від 25 жовтня 2022 року (протокол № 10), уточнено «19» лютого 2026 р. на засіданні вченої ради Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 2.

### **Актуальність теми дисертації та її зв'язок з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри.**

Актуальність теми дисертаційного дослідження зумовлена зростаючими вимогами до якості візуальної інформації в інтраскопічних системах медичної діагностики, що безпосередньо впливає на точність клінічних рішень, ранню діагностику патологій та ефективність малоінвазивних втручань. В умовах неоднорідного освітлення, нестаціонарних деградацій та наявності шумових складових традиційні методи обробки зображень не забезпечують належного рівня збереження діагностично значущих структур, що визначає необхідність розроблення нових адаптивних та інтелектуальних методів підвищення якості інтраскопічних зображень.

Дисертаційна робота виконувалася у межах наукових досліджень Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя за тематикою кафедри біотехнічних систем, що відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України, зокрема у галузі біомедичної інженерії, цифрової медицини та медичних інформаційних систем. Результати дослідження пов'язані з виконанням науково-дослідної роботи «Інформаційні технології Data Science та Big Data в кіберфізичних системах медико-біологічних процесів» (2022–2024 рр., керівник – д.т.н., проф. А.С. Свєрстюк). Номер державної реєстрації № 0122U000030.

### **Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації.**

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне наукове завдання, що полягає у розробленні методу та програмно-апаратного засобу підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій, який забезпечує одночасне пригнічення завад, компенсацію освітлення та збереження структурної інформативності зображення на основі адаптивної просторово-частотної обробки та багатокритеріальної оптимізації.

### **Наукові положення, розроблені особисто дисертантом та їх новизна, особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів.**

У дисертаційній роботі здобувачем особисто розроблено та науково обґрунтовано сукупність положень, що забезпечують нове розв'язання задачі підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій.

1. Вперше сформульовано задачу підвищення якості інтраскопічних зображень як багатокритеріальну оптимізаційну задачу, що враховує структурну подібність, рівень шуму, контрастність та збереження межових структур. Обґрунтовано систему критеріїв (PSNR, SSIM, CNR) та механізм їх узгодження.

2. Вперше розроблено адаптивний просторово-частотний метод обробки інтраскопічних зображень, який поєднує багатомасштабний аналіз, компенсацію

неоднорідного освітлення та пригнічення шумів, що забезпечує підвищення якості зображення без втрати діагностично значущих деталей.

3. Удосконалено математичну модель формування інтраскопічного зображення шляхом урахування мультиплікативної складової освітлення та адитивно-мультиплікативних шумів, що дозволило більш адекватно описати процеси деградації зображень.

4. Удосконалено підхід до оцінювання якості інтраскопічних зображень на основі багатокритеріального аналізу із використанням метрик PSNR, SSIM та CNR та введенням інтегрального показника якості.

5. Набули подальшого розвитку методи експериментальної верифікації ефективності алгоритмів обробки медичних зображень шляхом застосування ROC-аналізу та статистичної перевірки значущості результатів (тест DeLong).

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні наукового завдання, розробленні математичних моделей та алгоритмів, їх програмній реалізації у середовищі MATLAB, проведенні експериментальних досліджень, статистичній обробці результатів та їх інтерпретації. Усі основні наукові результати отримані автором особисто.

**Обґрунтованість та достовірність наукових положень, отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Обґрунтованість наукових положень дисертації забезпечується коректним використанням сучасного математичного апарату та методів цифрової обробки зображень, узгодженістю запропонованих підходів із відомими теоретичними положеннями та фізичними моделями формування інтраскопічних зображень.

Достовірність отриманих результатів підтверджується результатами чисельного моделювання та експериментальних досліджень, проведених на реальних медичних даних, застосуванням об'єктивних метрик оцінювання якості (PSNR, SSIM, CNR), а також використанням статистичних методів аналізу (ROC-аналіз, тест DeLong).

Порівняння із класичними методами (Gaussian filtering, CLAHE, wavelet denoising) та результатами інших авторів показало узгодженість і перевагу запропонованого методу. Отримані результати є відтворюваними, статистично обґрунтованими та не суперечать сучасним науковим уявленням у галузі обробки медичних зображень.

**Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру.**

У дисертаційній роботі одержано такі нові наукові результати:

1. Вперше запропоновано адаптивний багатокритеріальний просторово-частотний метод підвищення якості інтраскопічних зображень, який, на відміну від існуючих підходів, базується на фізично обґрунтованій математичній моделі формування зображення та забезпечує узгоджену обробку у просторовій і частотній областях з урахуванням локальних характеристик зображення, що дозволяє підвищити інформативність зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестационарних деградацій.

2. Вперше сформульовано багатокритеріальну постановку задачі підвищення якості інтраскопічних зображень, яка, на відміну від відомих постановок, одночасно враховує критерії структурної подібності, контрастності та збереження меж, що дозволяє забезпечити компроміс між підвищенням якості зображення та збереженням його діагностично значущих елементів.

3. Удосконалено підхід до обробки інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестационарних завад, який, на відміну від існуючих методів, враховує просторову варіативність освітлення та використовує адаптивну нормалізацію на основі локальних статистичних характеристик, що забезпечує підвищення стійкості обробки та зменшення втрати дрібних структурних деталей.

4. Удосконалено математичну модель формування інтраскопічного зображення, яка, на відміну від відомих моделей, враховує мультиплікативну складову освітлення та адитивно-мультиплікативний характер шумів, що дозволяє більш адекватно описати процес формування зображення в реальних умовах інтраскопічної діагностики та підвищити точність подальшої обробки.

5. Набуло подальшого розвитку методи формалізованого багатокритеріального оцінювання якості інтраскопічних зображень, які, на відміну від існуючих підходів, доповнено комплексним використанням метрик *PSNR*, *SSIM*, *CNR* та *ROC*-аналізу із статистичною перевіркою значущості результатів, що дозволяє підвищити об'єктивність оцінювання ефективності методів обробки.

#### **Використання результатів роботи.**

Результати дослідження впроваджені:

1. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра біотехнічних систем – використано у навчальному процесі при проведенні лекційних занять з дисципліни «Медична інтроскопія» для здобувачів третього освітньо-наукового рівня «Доктор філософії» спеціальності G22 Біомедична інженерія.

2. Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України – використано під час виконання науково-дослідної роботи «Інтелектуальні моделі в кібер-фізичних системах медико-біологічних процесів» (№ д.р.0125U000105).

3. Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, кафедра медичної інформатики – використано здійснення попередньої обробки зображень (усунення шумів та нормалізація яскравості), реконструкція даних за допомогою архітектури U-Net, а також оцінювання результатів за об'єктивними метриками (*PSNR*, *SSIM*) та суб'єктивними експертними оцінками стоматологів дозволяє зберегти дрібні анатомічні деталі, знизити вплив шумів і артефактів та підвищити інформативність зображень, що у свою чергу створює передумови для більш точної клінічної діагностики та підтримки прийняття рішень у стоматологічній практиці.

#### **Повнота викладення матеріалів дисертації та особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами та зарахованих за темою дисертації**

Основні результати дисертації повністю відображені у наукових публікаціях автора, що відповідають вимогам п. 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..

1. Є. Б. Яворська і І. О. . Гринюк, «Метод адаптивної компенсації завад у зображеннях інтраскопічної візуалізації на основі вейвлет-аналізу та фільтрації локального контрасту», Вісник ВПІ, вип. 5, с. 83–88, Жовт. 2025. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-182-5-83-88> (Здобувачем розроблено алгоритмічну структуру адаптивної компенсації завад у вейвлет-просторі, запропоновано механізм локально-адаптивної фільтрації контрасту для збереження анатомічних меж, виконано математичне формалізування процедури порогування в багатомасштабному поданні, реалізовано програмну модель методу в середовищі MATLAB, проведено чисельні експерименти та аналіз ефективності).

2. Яворська Є.Б., Гринюк І.О. Застосування нейромережних технологій для підвищення інформативності медичних зображень. Вісник Херсонського національного технічного університету, 2025. Том 2. №3(94). С. 533-537. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.3.2.68> (Здобувачем виконано порівняльний аналіз нейромережних і класичних методів підвищення якості медичних зображень з позицій їх інтерпретованості та ризику генерації штучних структур, сформульовано критерії порівняння класичних алгоритмічних та нейромережних методів, проведено експериментальне тестування моделей на медичних зображеннях, виконано обробку та інтерпретацію результатів).

3. Гринюк, І. О. (2025). Розробка та експериментальне дослідження цифрового засобу покращення якості інтраскопічних зображень у системах медичної діагностики. Технічна інженерія, (2(96)), 52–57. DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2025-2\(96\)-52-57](https://doi.org/10.26642/ten-2025-2(96)-52-57).

4. Evhenia Yavorska, Ivan Hryniuk, Bohdan Yavorsky, Oksana Tiutiunnyk, Bogdan Pinaiev, Alexey Zhukov, Róża Dzierzak, and Ussen Marassulov "Modern methods of image quality enhancement in intrascopeic medical imaging: comparative analysis and development trends", Proc. SPIE 14009, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2025, 140090X (30 December 2025); DOI:

<https://doi.org/10.1117/12.3099346>. (Здобувачем проведено порівняльний аналіз сучасних методів підвищення якості інтраскопічних зображень, систематизовано підходи до багатомасштабної та адаптивної обробки, сформульовано тенденції розвитку методів з урахуванням біомедичних обмежень, підготовлено розділи, присвячені просторово-частотним алгоритмам, виконано частину аналітичних узагальнень).

Усі результати, викладені у співавторських роботах, отримані за безпосередньої участі здобувача, який здійснив розроблення алгоритмів, програмну реалізацію та експериментальну перевірку.

#### **Відомості про апробацію результатів дисертації.**

Результати дисертації апробовані на міжнародних та всеукраїнських конференціях, зокрема:

- Scientific Exploration: Bridging Theory and Practice, Berlin, 2026;
- Scientific Progress: Theories, Applications and Global Impact, Braga, 2026.

#### **Відповідність дисертації вимогам, що передбачені пунктом 6 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти».**

Дисертація відповідає вимогам пункту 6 Постанови Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022.

#### **Список публікацій за темою дисертації:**

1. Є. Б. Яворська і І. О. . Гринюк, «Метод адаптивної компенсації завад у зображеннях інтраскопічної візуалізації на основі вейвлет-аналізу та фільтрації локального контрасту», Вісник ВПІ, вип. 5, с. 83–88, Жовт. 2025. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2025-182-5-83-88> (Здобувачем розроблено алгоритмічну структуру адаптивної компенсації завад у вейвлет-просторі, запропоновано механізм локально-адаптивної фільтрації контрасту для збереження анатомічних меж, виконано математичне формалізування процедури порогоування в багатомасштабному поданні, реалізовано програмну модель методу в середовищі MATLAB, проведено чисельні експерименти та аналіз ефективності).
2. Яворська Є.Б., Гринюк І.О. Застосування нейромережних технологій для підвищення інформативності медичних зображень. Вісник Херсонського національного технічного університету, 2025. Том 2. №3(94). С. 533-537. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.3.2.68> (Здобувачем виконано порівняльний аналіз нейромережних і класичних методів підвищення якості медичних зображень з позицій їх інтерпретованості та ризику генерації штучних структур, сформульовано критерії порівняння класичних алгоритмічних та нейромережних методів, проведено експериментальне тестування моделей на медичних зображеннях, виконано обробку та інтерпретацію результатів).
3. Гринюк, І. О. (2025). Розробка та експериментальне дослідження цифрового засобу покращення якості інтраскопічних зображень у системах медичної діагностики. Технічна інженерія, (2(96), 52–57. DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2025-2\(96\)-52-57](https://doi.org/10.26642/ten-2025-2(96)-52-57).
4. Evhenia Yavorska, Ivan Hryniuk, Bohdan Yavorskyu, Oksana Tiutiunyk, Bogdan Pinaiev, Alexey Zhukov, Róża Dzierzak, and Ussen Marassulov "Modern methods of image quality enhancement in intrascopeic medical imaging: comparative analysis and development trends", Proc. SPIE 14009, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2025, 140090X (30 December 2025); DOI: <https://doi.org/10.1117/12.3099346>. (Здобувачем проведено порівняльний аналіз сучасних методів підвищення якості інтраскопічних зображень, систематизовано підходи до багатомасштабної та адаптивної обробки, сформульовано тенденції розвитку методів з урахуванням біомедичних обмежень, підготовлено розділи, присвячені просторово-частотним алгоритмам, виконано частину аналітичних узагальнень).
5. Yavorska E., Hryniuk I. Adaptive multiscale method and software tool for quality enhancement of endoscopic images in diagnostic systems. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference «Scientific Exploration: Bridging Theory and Practice» (February 16-18, 2026, Berlin, Germany). European Open Science Space. 285-289 p. URL: <https://www.eoss-conf.com/en/archive/scientific-exploration-bridging->

[theory-and-practice-16-02-26/](#). (Здобувачем розроблено адаптивний багатомасштабний алгоритм обробки зображень, сформульовано принципи локально-адаптивного керування коефіцієнтами, реалізовано програмний інструмент для експериментальної верифікації, проведено експериментальні дослідження).

6. Yavorska E., Hryniuk I. Adaptive multicriterial spatial-frequency method for quality enhancement of intrascopic images under non-uniform illumination and nonstationary degradations. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Scientific Progress: Theories, Applications and Global Impact» (March 2-4, 2026, Braga, Portugal). European Open Science Space. 305-308 p. URL: <https://www.eoss-conf.com/en/archive/scientific-progress-theories-applications-and-global-impact-02-03-26/>.

(Здобувачем зроблено формалізацію задачі підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій, розроблено адаптивний багатокритеріальний просторово-частотний метод обробки інтраскопічних зображень, побудовано алгоритмічну схему обробки зображення, що поєднує компенсацію освітлення та багатомасштабний аналіз, реалізовано програмний алгоритм методу у середовищі MATLAB, проведено експериментальне дослідження ефективності методу на тестових інтраскопічних зображеннях, проаналізовано результати обробки та порівняння з існуючими методами підвищення якості медичних зображень).

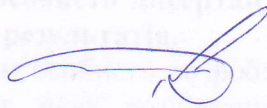
**Заслухавши та обговоривши доповідь Гринюка Івана Олександровича, а також за результатами попередньої експертизи представленої дисертації на засіданні кафедри біотехнічних систем, прийнято висновок щодо дисертації «Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій»:**

1. Дисертація Гринюка Івана Олександровича «Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання – розроблення теоретичних засад, математичних моделей, методів та програмно-апаратних засобів підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій, що забезпечують покращення їх структурної інформативності, контрастності та достовірності візуалізації діагностично значущих об'єктів., що має важливе значення для галузі знань 16 – Хімічна та біоінженерія.

2. У шести наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них три статті у наукових фахових виданнях України; здійснено апробацію на міжнародних наукових конференціях з опублікуванням 3-ох тез (одна теза у входить до міжнародних наукометричних баз Web of Science та Scopus).

3. Дисертація Гринюка Івана Олександровича на тему: «Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестаціонарних деградацій» має наукову новизну, теоретичне та практичне значення і повністю відповідає вимогам п. 6 «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.

Голова засідання  
к.т.н., доцент  
кафедри біотехнічних систем



Леонід ДЕДІВ

Рецензент  
к.т.н., доцент,  
доцент кафедри біотехнічних систем



Микола ХВОСТИВСЬКИЙ

Рецензент  
к.т.н., доцент,  
доцент кафедри біотехнічних систем



Василь ДОЗОРСЬКИЙ

Проректор з наукової роботи



Павло МАРУЦАК