

Голові разової спеціалізованої вченої ради № 14933  
Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя  
доктору технічних наук, професору  
**ЛИТВИНЕНКУ** Ярославу Володимировичу

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента, доктора технічних наук, професора Висоцької Олени  
Володимирівни**

на дисертацію 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  
за спеціальністю **163 Біомедична інженерія**  
галузі знань **16 Хімічна та біоінженерія**

### **Актуальність теми дисертації**

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 нестаціонарних деградацій.

Інтенсивний розвиток цифрової медицини, комп'ютерного зору та інтелектуальних систем аналізу медичних даних обумовлює постійне зростання вимог до якості медичних зображень, які використовуються як для експертної оцінки лікарем, так і для автоматизованого аналізу із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Особливістю інтраскопічних систем є складні умови формування зображень, що супроводжуються неоднорідністю освітлення, адитивними та мультиплікативними шумами, локальними засвіченнями, відблисками, артефактами руху та іншими деградаціями. Це суттєво ускладнює автоматизований аналіз зображень, знижує точність сегментації та розпізнавання патологічних структур.

Існуючі методи цифрової обробки медичних зображень переважно орієнтовані на компенсацію окремих видів деградацій і недостатньо враховують специфіку формування інтраскопічної інформації. Особливо актуальним є створення адаптивних методів, здатних одночасно компенсувати неоднорідність освітлення, пригнічувати нестаціонарні шуми та забезпечувати збереження структурно значущих анатомічних деталей.

Таким чином, тема дисертаційної роботи є актуальною, відповідає сучасним тенденціям розвитку цифрової медичної візуалізації, інформаційних технологій аналізу медичних зображень у біомедичній інженерії.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни**

Отримані в роботі результати є достатньо обґрунтованими, а сформульовані висновки логічно впливають із проведених теоретичних та експериментальних досліджень.

Наукові положення дисертації базуються на сучасних методах математичного моделювання, цифрової обробки медичних зображень, просторово-частотного аналізу, багатокритеріальної оптимізації та статистичного аналізу результатів.

**Наукові результати дисертаційної роботи мають належний рівень новизни та характеризуються практичною спрямованістю, що підтверджується такими положеннями:**

- **запропоновано** адаптивний багатокритеріальний просторово-частотний метод підвищення якості інтраскопічних зображень, який забезпечує комплексну компенсацію неоднорідного освітлення, пригнічення нестационарних шумів та збереження діагностично значущих структур;
- **вперше запропоновано** багатокритеріальну постановку задачі підвищення якості інтраскопічних зображень, яка враховує критерії структурної подібності, контрастності та збереження анатомічних меж;
- **удосконалено** математичну модель формування інтраскопічного зображення шляхом врахування мультиплікативної складової освітлення та адитивно-мультиплікативного характеру деградацій;
- **удосконалено** методи локально-адаптивної просторово-частотної обробки медичних зображень із використанням багатомасштабного аналізу;
- **набули подальшого розвитку** методи комплексного оцінювання якості медичних зображень шляхом застосування метрик PSNR, SSIM, CNR, ROC-аналізу та статистичних критеріїв.

Достовірність результатів підтверджується коректним використанням сучасного математичного апарату, експериментальною перевіркою запропонованого методу, використанням загальновизнаних критеріїв оцінювання якості медичних зображень та статистичним аналізом отриманих результатів.

Отримані результати характеризуються достатнім рівнем теоретичної обґрунтованості, підтверджені результатами комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень і можуть бути використані як основа для

подальшого розвитку інформаційних технологій цифрової обробки медичних зображень.

### **Практична цінність дисертаційної роботи**

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у створенні програмно-апаратного засобу підвищення якості інтраскопічних зображень, реалізованого у вигляді програмного прототипу в середовищі MATLAB, який може використовуватися як модуль попередньої обробки у сучасних системах цифрової медичної візуалізації, інформаційно-діагностичних комплексах та системах підтримки прийняття лікарських рішень.

Запропонований метод забезпечує підвищення інформативності інтраскопічних зображень, покращення візуалізації анатомічних структур та створює передумови для підвищення ефективності подальшої автоматизованої сегментації, класифікації та аналізу медичних зображень із використанням методів автоматизованого аналізу медичних зображень та інтелектуального аналізу медичних даних.

Отримані результати можуть бути використані у медичних інформаційних системах, комплексах цифрової медичної візуалізації, телемедичних системах, а також у навчальному процесі підготовки фахівців зі спеціальності 163 «Біомедична інженерія».

Викладене вище дає підстави стверджувати, що дисертаційне дослідження виконано на належному науковому рівні, містить наукову новизну та має вагоме практичне значення.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота викладена українською мовою відповідно до встановлених вимог до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії.

Матеріал дослідження характеризується логічною послідовністю, цілісністю викладення та високим рівнем наукової аргументації. Автором коректно використано сучасний математичний апарат, термінологію біомедичної інженерії, цифрової обробки візуальної інформації, комп'ютерного моделювання та інформаційних технологій аналізу медичних зображень.

Особливістю дисертації є чітке поєднання теоретичних положень із практичною реалізацією запропонованої інформаційної технології цифрової обробки інтраскопічних зображень. Опис математичних моделей, алгоритмів та процедур цифрової обробки виконано послідовно, із належним рівнем деталізації, що забезпечує можливість відтворення отриманих результатів та їх практичного використання.

Виклад матеріалу побудовано таким чином, що кожний наступний етап дослідження логічно ґрунтується на попередньому. Теоретичні положення підтверджуються результатами комп'ютерного моделювання,

експериментальних досліджень та аналізом ефективності запропонованих алгоритмічних рішень, що забезпечує цілісність сприйняття виконаної роботи.

Текст дисертації відзначається єдністю стилю, коректним використанням спеціальної термінології та сучасних понять у галузі цифрової обробки медичних зображень, інформаційних технологій, комп'ютерної обробки візуальної інформації та інтелектуального аналізу візуальної інформації. Формулювання наукових положень, висновків і практичних рекомендацій є достатньо чіткими, обґрунтованими та не допускають неоднозначного трактування.

Ілюстративний матеріал, математичні залежності, структурні схеми, алгоритми, таблиці та результати експериментальних досліджень гармонійно інтегровані у структуру дисертації, є інформативними та суттєво полегшують сприйняття запропонованої інформаційної технології і програмно-апаратного засобу.

У роботі простежується належний рівень культури наукового викладу, використано сучасні підходи до представлення результатів досліджень, що відповідає вимогам академічного письма та оформлення дисертаційних робіт. Окремі редакційні або стилістичні неточності мають несуттєвий характер і не впливають на наукову цінність та загальне позитивне сприйняття дисертації.

Загалом мова, стиль викладення та форма представлення результатів дослідження відповідають сучасному рівню розвитку інформаційних технологій у біомедичній інженерії та свідчать про високий рівень володіння автором методами комп'ютерного моделювання, цифрової обробки медичних зображень і наукового представлення результатів досліджень.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності**

За своїм змістом дисертаційна робота повністю відповідає заявленій темі, меті та поставленим завданням дослідження. Структура дисертації є логічною, послідовною та взаємопов'язаною. Матеріал викладено у чіткій логічній послідовності: від аналізу сучасного стану проблеми та обґрунтування актуальності дослідження до розроблення математичного забезпечення, створення програмно-апаратного засобу, проведення експериментальної перевірки та формулювання висновків.

Зміст окремих розділів є взаємоузгодженим. Кожний наступний розділ логічно продовжує попередній, а отримані результати використовуються для вирішення наступних етапів дослідження. Постановка задачі, сформульована у вступі, повністю реалізована у змісті дисертації, а наведені у висновках положення безпосередньо впливають із отриманих наукових результатів.

Особливо слід відзначити комплексний підхід автора до вирішення поставленого наукового завдання. У роботі вдало поєднано сучасні методи математичного моделювання, цифрової обробки медичних зображень,

багатомасштабного аналізу, адаптивної просторово-частотної фільтрації та багатокритеріальної оптимізації. Це дозволило не лише запропонувати новий метод підвищення якості інтраскопічних зображень, а й реалізувати його у вигляді програмно-апаратного засобу та підтвердити його ефективність експериментальними дослідженнями.

Експериментальна частина роботи є достатньо повною, методично коректною та переконливою. Для оцінювання ефективності запропонованого методу використано сучасні кількісні критерії якості медичних зображень (PSNR, SSIM, CNR, ROC/AUC), що дозволило об'єктивно оцінити ефективність запропонованого підходу та порівняти його з існуючими методами цифрової обробки. Отримані результати належним чином проаналізовані та статистично обґрунтовані.

Дисертаційна робота характеризується належним рівнем наукової культури, коректністю використання термінології, достатнім рівнем аргументації та сучасним методичним забезпеченням дослідження. Автором використано широкий спектр сучасних наукових джерел, що охоплюють фундаментальні праці з цифрової обробки сигналів і зображень, медичної візуалізації, біомедичної інженерії та інформаційних технологій.

Аналіз структури дисертації, змісту викладеного матеріалу, наведених результатів та їх наукової інтерпретації дає підстави вважати виконане дослідження завершеним. У роботі досягнуто поставленої мети, повністю вирішено сформульовані наукові завдання, а отримані результати мають логічне завершення у сформульованих висновках.

Під час ознайомлення з дисертаційною роботою, публікаціями здобувача та результатами їх апробації ознак порушення принципів академічної доброчесності не виявлено. Усі використані наукові положення, ідеї та результати інших авторів супроводжуються відповідними бібліографічними посиланнями. Запозичення оформлені відповідно до чинних вимог академічної етики, а отримані в дисертації результати є самостійним науковим доробком автора.

Дисертаційна робота відповідає вимогам, що ставляться до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії, є завершеним самостійним дослідженням і свідчить про достатній рівень наукової кваліфікації здобувача.

### **Аналіз змісту дисертації**

У першому розділі виконано аналіз сучасних методів формування та покращення медичних зображень, досліджено основні джерела деградацій інтраскопічних зображень, наведено класифікацію сучасних алгоритмів цифрової обробки.

Другий розділ містить основні наукові результати дослідження. Особливу увагу приділено побудові математичної моделі формування інтраскопічного

зображення, розробленню адаптивного просторово-частотного методу та багатокритеріальній оптимізації процесу підвищення якості медичних зображень. Запропонований математичний апарат дослідження є логічно узгодженим із поставленою задачею та забезпечує реалізацію запропонованої інформаційної технології.

У третьому розділі наведено архітектуру програмно-апаратного засобу, описано програмну реалізацію запропонованого алгоритму та особливості функціонування окремих модулів.

Четвертий розділ присвячено експериментальній перевірці ефективності розробленого методу. Проведено експериментальну верифікацію запропонованого методу, виконано порівняння із сучасними методами цифрової обробки медичних зображень та підтверджено ефективність запропонованого підходу за комплексом кількісних критеріїв.

### **Повнота опублікування результатів**

Основні результати дисертаційної роботи повною мірою відображені у фахових наукових виданнях України категорії «Б», міжнародному виданні **Proceedings of SPIE**, а також апробовані на міжнародних науково-практичних конференціях.

Кількість та рівень публікацій відповідають вимогам, установленим для здобуття ступеня доктора філософії.

### **Зауваження до дисертації**

1. Варто було б розширити порівняння запропонованого методу із сучасними алгоритмами машинного навчання та глибокими нейронними мережами, які застосовуються для покращення медичних зображень.

2. Під час експериментальних досліджень доцільно було б розширити перелік міжнародних відкритих баз інтраскопічних зображень, що дозволило б оцінити універсальність запропонованого підходу для різних клінічних сценаріїв.

3. Перспективним напрямом є дослідження впливу запропонованої попередньої обробки на точність сегментації та класифікації патологічних структур із використанням сучасних алгоритмів комп'ютерної обробки візуальної інформації.

4. Робота могла б бути доповнена аналізом впливу запропонованої попередньої обробки на ефективність подальшої сегментації або класифікації медичних зображень із використанням сучасних інформаційних технологій аналізу медичних зображень.

5. Доцільно було б детальніше висвітлити можливості автоматичного налаштування параметрів адаптивної обробки залежно від характеристик досліджуваних зображень.

6. У тексті трапляються окремі стилістичні та редакційні неточності, які не впливають на загальне позитивне враження від роботи.

Наведені зауваження мають рекомендаційний характер та не знижують загальної наукової і практичної цінності дисертації.

#### **Загальний висновок**

Дисертаційна робота Гринюка Івана Олександровича на тему «Метод та програмно-апаратний засіб підвищення якості інтраскопічних зображень в умовах неоднорідного освітлення та нестационарних деградацій» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальне науково-прикладне завдання у галузі біомедичної інженерії, що має істотне значення для розвитку методів цифрової обробки медичних зображень та інформаційних технологій медичної візуалізації.

За рівнем актуальності, наукової новизни, теоретичної обґрунтованості, практичного значення та повнотою апробації отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам **Порядку присудження ступеня доктора філософії**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами), а її автор **Гринюк Іван Олександрович** заслуговує на присудження ступеня **доктора філософії** за спеціальністю 163 «**Біомедична інженерія**».

#### **Офіційний опонент:**

Доктор технічних наук, завідувачка  
кафедри радіоелектронних та біомедичних  
комп'ютеризованих засобів і технологій  
Національного аерокосмічного  
університету «Харківський авіаційний інститут»  **Олена ВИСОЦЬКА**

Доктор наук з державного управління,  
професор, заслужений працівник освіти України  
проректор з наукової роботи  
Національного аерокосмічного університету  
«Харківський авіаційний інститут»  **Світлана ДОМБРОВСЬКА**



«03» липня 2026 року