

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

Бабенка Віталія Олеговича

на тему «Технологія ієрархічної класифікації в задачах діагностики патологій за медичними зображеннями різних модальностей»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 12 Інформаційні технології  
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

### **Актуальність теми дисертації.**

Підвищення точності аналізу медичних зображень є беззаперечно актуальним і відповідає сучасним потребам комп'ютерних наук та клінічної практики. Значущість теми дисертації визначається сукупністю взаємопов'язаних чинників, що інтегрують виклики комп'ютерних наук і медицини. По-перше, інтенсивна цифровізація охорони здоров'я та широке впровадження високотехнологічних засобів візуальної діагностики (комп'ютерної томографії, ультразвукової сонографії тощо) спричинили експоненціальне зростання обсягів медичних зображень. Традиційний ручний аналіз таких даних ресурсномісткий, потребує значної кваліфікації й залишається вразливим до суб'єктивних помилок. За цих умов розроблення інтелектуальних систем підтримки клінічних рішень набуває пріоритетного значення. По-друге, попри відчутний прогрес методів машинного та глибокого навчання, їх широке застосування у медичній візуалізації обмежується низкою критичних чинників: дефіцитом високоякісно розмічених вибірок, суттєвим дисбалансом класів (переважанням нормальних випадків над патологічними) та складністю інтерпретації моделей-«чорних скриньок». Дисертація спрямована на подолання цих перешкод шляхом розроблення технології ієрархічної класифікації медичних зображень. По-третє, прикладна значущість дослідження зумовлена вибором суспільно вагомих завдань. Неінвазивне стадіювання фіброзу печінки потенційно зменшує потребу у ризикованій та витратній біопсії. Ідентифікація COVID-асоційованих уражень легень, включно з постінфекційними змінами («Long COVID»), залишається актуальною в постпандемічний період і потребує ефективних діагностичних інструментів.

Отже, актуальність дисертації В. О. Бабенка полягає у створенні та експериментальному обґрунтуванні методів аналізу медичних зображень, які враховують обмеженість і дисбаланс клінічних даних.

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Удосконалення ансамблевого методу «випадковий ліс». Запропоновано «випадковий ліс дерев оптимальної складності» (ВЛДОС), що синергійно поєднує:

- метод групового урахування аргументів (МГУА) для побудови дерев рішень оптимальної, а не надлишкової глибини, що підвищує їхню здатність до узагальнення;
- генетичні алгоритми для оптимізації індивідуальних підмножин ознак, що зменшує кореляцію між деревами й покращує точність ансамблю;
- аналіз ієрархій Сааті для вагового голосування, яке надає пріоритет високоточним моделям і підвищує кінцеву якість класифікації.

2. Нова технологія ієрархічної класифікації медичних зображень. Уперше розроблено багаторівневу систему, що групує семантично подібні класи та формує каскад класифікаторів. Підхід:

- знижує кількість необхідних моделей порівняно з традиційною схемою «один проти всіх»;
- пом'якшує наслідки дисбалансу класів у медичних даних;
- забезпечує ефективне розв'язання складних мультикласових задач діагностики.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів забезпечується:

1. Коректною постановкою задачі. На підставі огляду сучасної літератури (розділ 1) чітко окреслено обмеження наявних методів аналізу медичних зображень, що логічно підводить до запропонованих рішень.

2. Репрезентативними даними. Експерименти виконано на реальних клінічних вибірках, наданих провідними установами України (ДУ «Інститут ядерної медицини та променевої діагностики НАМН України», ДУ «ІПАГ ім. акад. О. М. Лук'янової НАМН України» тощо), що гарантує практичну релевантність отриманих висновків.

3. Сучасною методологією експериментів:

- стратифікований поділ даних на тренувальну, валідаційну та тестову підмножини за пацієнтами запобігає витоку інформації;
- застосування комплексу метрик (accuracy, sensitivity, specificity, F-measure, MCC) для всебічної оцінки моделей;
- проведене порівняння ВЛДОС із базовими ансамблями (Random Forest, XGBoost, LightGBM), що підтвердило конкурентоспроможність нового методу;
- підтвердження статистичної значущості результатів 95 % довірчими інтервалами, отриманими методом бутстрепа.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на біомедичної кібернетики КПП ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР д/р № 0117U006934 «Методи та моделі ідентифікації станів біологічних об'єктів» та НДР д/р № 0123U100866 «Методи та моделі ідентифікації станів об'єктів в задачах



прийняття медичних рішень». Робота виконана під керівництвом професора кафедри БМК, д.б.н., к.т.н., проф. Настенка Євгена Арнольдовича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання – розроблення нової технології ієрархічної класифікації – виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Бабенка В.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Комп'ютерні науки».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Інформаційні технології.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Бабенка Віталія Олеговича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

**Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертацію викладено коректною фаховою українською мовою; текст відзначається послідовністю, логічною організацією та повністю відповідає вимогам, що пред'являються до наукових праць зазначеного рівня. У роботі застосовується усталена термінологія з галузей комп'ютерних наук, штучного інтелекту, машинного навчання та цифрової обробки зображень. Структура матеріалу забезпечує цілісне сприйняття дослідження: кожний розділ органічно продовжує попередній. Таблиці й рисунки доречно ілюструють ключові положення та результати, а перелік умовних позначень і скорочень у вступі спрощує опрацювання спеціалізованого змісту.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 155 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, окреслено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, визначено наукову новизну й практичне значення одержаних результатів, а також наведено відомості про зв'язок із науковими програмами, апробацію та публікації здобувача.

У першому розділі «Огляд методів цифрової обробки та аналізу зображень» проведено систематичний аналіз фахової літератури, узагальнено властивості цифрових зображень, розглянуто методи текстурного аналізу та їх поєднання з ансамблевим і глибоким навчанням. Окрему увагу приділено критичному огляду підходів до мультикласової класифікації, що дало змогу



чітко сформулювати невирішені проблеми і визначити напрям подальших досліджень. Розділ завершується викладом загальної методики.

У другому розділі «Послідовність формування множини інформативних ознак цифрових зображень» детально описано процедуру побудови простору ознак: попередню обробку (нормалізація, еквалізація, диференціювання), конструювання широкого спектра дескрипторів (текстурні, гістограмні, багатомасштабні, ознаки згорткових нейромереж) та селекцію найбільш інформативних показників за допомогою кореляційного аналізу. Представлений підхід забезпечує якісний і репрезентативний набір даних для моделювання.

У третьому розділі «Розроблення методик для класифікації цифрових зображень» наведено оригінальні результати автора: удосконалений метод «випадковий ліс дерев оптимальної складності» (ВЛДОС), що інтегрує МГУА, генетичні алгоритми та аналіз ієрархій Сааті, а також запропоновану технологію ієрархічної класифікації із багаторівневою системою класифікаторів. Порівняльний аналіз з провідними ансамблевими методами підтверджує ефективність запропонованих рішень.

У четвертому розділі «Застосування розробленої технології аналізу цифрових зображень в прикладних задачах» викладено результати експериментальної валідації: метод застосовано до неінвазивного стадіювання фіброзу печінки на основі УЗД та до ідентифікації COVID-асоційованих уражень легень за КТ-знімками. Наведено умови експериментів, подано докладний аналіз результатів на всіх рівнях ієрархічної класифікації та сформульовано практичні рекомендації щодо впровадження запропонованої технології в клінічну практику.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

#### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертаційного дослідження оприлюднено у 15 публікаціях здобувача, серед яких:

- 10 статей у фахових виданнях України (за чинним переліком на дату виходу), у тому числі
  - 6 статей у виданнях категорії Б;
  - 4 статті у журналах, індексованих Scopus, одна з яких опублікована у виданні, віднесеному до квартилю Q3 за класифікаціями SCImago Journal & Country Rank або Journal Citation Reports;
- 1 стаття в іноземному науковому виданні.

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.



Публікації здобувача повною мірою розкривають сутність проведених досліджень, отримані наукові результати та їх практичне значення. У роботах, написаних у співавторстві, особистий внесок дисертанта є визначальним і полягає у формулюванні ідей, розробці моделей та методів, проведенні експериментальних досліджень. Провідна роль В. О. Бабенка підтверджується першим авторством у ключових статтях, присвячених удосконаленню методу ВЛДОС та технології ієрархічної класифікації.

Таким чином, наукові результати, представлені в дисертаційній роботі, повністю висвітлені в наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Використання вагового голосування на основі методу аналізу ієрархій хоча й підвищує формальну прозорість моделей, однак не гарантує інтуїтивно зрозумілих пояснень для клініцистів. Доцільно передбачити модуль вербальної інтерпретації, що пояснюватиме причини ухваленого рішення.

2. Свідоме обмеження від застосування CNN і трансформерів, мотивоване складністю їх інтерпретації та обчислювальними витратами, звужує конкурентоспроможність запропонованого підходу, оскільки саме ці моделі наразі визначають стандарт точності у медичній візуалізації.

3. Усі експериментальні дані отримано в межах одного центру (м. Київ); відсутні мультицентрові чи зовнішні тести. Генералізаційна здатність алгоритмів поза досліджуваною популяцією залишається неперевіреною.

4. Виділення областей інтересу радіологами (1–5 ROI на знімок) підвищує міжоператорну варіабельність і робить метод трудомістким. Автоматизовані або напівавтоматичні підходи могли б підвищити відтворюваність.

5. Отримані показники (ассигасу = 67%, F-міра = 0,68; після агрегування на рівні пацієнта — 75%) не досягають клінічно прийнятних порогових значень (> 85%). Потрібне подальше підвищення точності.

6. Ефективність ієрархічної класифікації значною мірою залежить від початкової агрегації класів, виконаної експертами. Варто розглянути автоматизовані стратегії (наприклад, кластеризацію у просторі ознак) і проаналізувати їх вплив на кінцеві результати.

7. Використання ADASYN є виправданим, однак доцільно порівняти його ефективність із альтернативними підходами – зважуванням класів у функції втрат чи корекцією порогів прийняття рішень.

8. Значний обсяг табличних даних (напр., табл. 4.5–4.7, 4.16–4.18) ускладнює огляд порівняльних характеристик. Додавання графічних представлень (стовпчасті діаграми, box-plot тощо) підвищило б наочність демонстрації переваг розроблених методів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Бабенка Віталія Олеговича на тему «Технологія ієрархічної класифікації в задачах діагностики патологій за медичними зображеннями різних модальностей» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «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.

Здобувач Бабенко Віталій Олегович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

### **Рецензент:**

доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
к.т.н., доцент



30 » червня 2025 року

