

Голові разової спеціалізованої
вченої ради PhD 12360
Хмельницького національного університету
доктору технічних наук, професору
Олегу САВЕНКУ

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Чабана Олександра Романовича
на тему «Методи та засоби інтеграції знань в моделі штучного інтелекту медичних
діагностичних комплексів»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації.

Сучасна медична практика характеризується істотним зростанням обсягів діагностичних даних, які надходять із систем медичної візуалізації, клінічних записів та інших джерел. У таких умовах традиційні способи опрацювання інформації не забезпечують достатньої швидкості, точності та узгодженості прийняття рішень, а тому особливого значення набувають методи штучного інтелекту, орієнтовані на підтримку лікарських висновків.

Разом із тим, застосування статистичних моделей у медичних діагностичних комплексах має ряд обмежень. Дефіцит якісно розмічених медичних наборів даних, відмінності між обладнанням різних виробників, неоднорідність клінічних протоколів та наявність розриву між низькорівневими ознаками зображень і клінічними поняттями істотно ускладнюють використання таких моделей у практиці. Особливої уваги потребує проблема недостатньої пояснюваності результатів, оскільки медичне рішення має бути не лише формально точним, а й клінічно обґрунтованим.

У дисертаційній роботі Чабана О. Р. розроблено підхід, у межах якого формалізовані медичні знання інтегруються в моделі штучного інтелекту на етапах сегментації зображень, класифікації патологічних станів та аналізу текстових клінічних даних. Такий напрям є виправданим, оскільки поєднання статистичного навчання з експертними знаннями дає змогу зменшити кількість помилкових рішень, підвищити стійкість моделей до варіативності вхідних даних та покращити обґрунтованість діагностичного висновку.

Існує наукова суперечність між об'єктивною потребою у точних, стійких і клінічно обґрунтованих інтелектуальних засобах медичного діагностування та функціональною обмеженістю наявних моделей, які здебільшого опираються лише на статистичні закономірності в даних і не враховують повною мірою анатомічні, процедурні та онтологічні знання. Розв'язання цієї суперечності є актуальною науково-прикладною задачею, що полягає у підвищенні точності та клінічної обґрунтованості процесу прийняття рішень у медичних діагностичних системах через створення методів та засобів інтеграції експертних знань у моделі штучного інтелекту.

Зазначена науково-прикладна задача відповідає предметній області спеціальності 122 Комп'ютерні науки, зокрема напряму розроблення методів, моделей, алгоритмів та інформаційних технологій для інтелектуального опрацювання даних, підтримки прийняття рішень і створення програмних систем, що використовують методи штучного інтелекту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану науково-дослідної тематики Хмельницького національного університету. Здобувач був безпосереднім виконавцем держбюджетної науково-дослідної теми ГУ 57-2024 «Інтелектуальна система розпізнавання дефектів об'єктів зеленої енергетики із використанням БПЛА» (№ державної реєстрації 0124U004665). Офіційна сторінка здобувача на сайті Хмельницького національного університету також підтверджує, що дисертація подана за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у одержанні таких наукових результатів:

1) удосконалено метод адаптивної дистиляції знань від моделей-вчителів до моделі-учня, який відрізняється від аналогів використанням динамічного ансамблю моделей-вчителів зі спеціалізованою моделлю для змагальної адаптації домену та механізмом селективної фільтрації, що дає змогу накопичувати досвід із різних клінічних доменів та передавати його компактній моделі-учню, підвищуючи в такий спосіб точність процесу прийняття рішень за варіативності вхідних даних;

2) удосконалено метод встановлення смислових зв'язків у медичних текстах, який, на відміну від наявних, поєднує інтеграцію онтологічних знань та явне кодування інформації про тональність і заперечення, що підвищує точність інтерпретації клінічних записів та забезпечує логічну узгодженість висновків;

3) розроблено новий метод сегментації зображень магнітно-резонансної томографії серця, який ґрунтується на синергетичному поєднанні механізму експертно-керованої уваги для фокусування на складних ділянках та спеціалізованої функції втрат із топологічними обмеженнями на основі знакової відстані, який, на відміну від наявних підходів, дає змогу явно кодувати вкладеність та суміжність анатомічних структур, що забезпечує підвищення точності визначення меж органів та усунення топологічних артефактів;

4) розроблено новий метод ідентифікації патологій серця за зображенням магнітно-резонансної томографії із використанням графової згорткової мережі, орієнтованої на знання, який, на відміну від відомих рішень, реалізує парадигму реляційного міркування на графах, де вузли об'єднують гібридні візуальні та морфологічні ознаки, а матриця суміжності формується як суперпозиція просторових зв'язків та клінічних кореляцій із медичних настанов, що дає можливість підвищити точність класифікації діагнозів та забезпечити інтерпретованість прийнятих рішень.

Отримані результати мають наукову новизну та відповідають поставленій меті дисертаційної роботи. У дисертації послідовно розкрито методичні засади інтеграції знань у моделі штучного інтелекту, а також показано, яким чином розроблені методи впливають на точність та пояснюваність результатів медичного діагностування.

Практичне значення одержаних результатів.

Практична цінність результатів дисертаційної роботи полягає у доведенні теоретичних положень до етапу програмної реалізації у вигляді інтелектуальної інформаційної системи, що забезпечує опрацювання, інтеграцію та аналіз гетерогенних медичних даних. Розроблений програмний комплекс «IDK Medical AI» побудовано за принципами модульної мікросервісної архітектури та призначено для підтримки процесів сегментації, класифікації і аналізу текстових клінічних даних.

Результативність розроблених методів підтверджена експериментально. Впровадження удосконаленого методу адаптивної дистиляції знань забезпечило підвищення метрики точності класифікації на цільовому домені до 81,45 % за наявності лише 500 розмічених зразків. Удосконалений метод встановлення смислових зв'язків у медичних текстах досяг точності 81,14 %, а новий метод сегментації зображень магнітно-резонансної томографії серця дав змогу знизити просторову похибку для міокарда з 9,8 мм до 6,5 мм та підвищити коефіцієнт Дайса для лівого шлуночка до 95,5 %. Розроблений метод ідентифікації патологій серця забезпечив точність класифікації п'яти патологічних станів на рівні 94,0 %.

Теоретичні та практичні результати дослідження впроваджено у навчальний процес Львівського торговельно-економічного університету; у діяльність Хмельницької інфекційної лікарні; у виробничий процес ТОВ «КЦ НЕЙРОН»; а також використано під час виконання держбюджетної науково-дослідної теми Хмельницького національного університету № 0124U004665.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Чабана О. Р. відповідає спеціальності 122 Комп'ютерні науки та є завершеною науковою працею, в якій розв'язано актуальну науково-прикладну задачу інтеграції знань у моделі штучного інтелекту медичних діагностичних комплексів.

Дисертація складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та п'яти додатків. Повний обсяг роботи становить 182 сторінки друкованого тексту, з них основний текст подано на 130 сторінках. Дисертація містить 54 рисунки та 27 таблиць. Список використаних джерел налічує 142 найменування на 20 сторінках.

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, основні завдання, предмет та об'єкт дослідження, наведено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, відомості про апробацію і публікації.

У першому розділі виконано аналіз сучасних методів та підходів до інтеграції знань у системи штучного інтелекту медичних діагностичних комплексів. Автор розглянув обмеження класичних статистичних підходів, зокрема залежність від великих розмічених вибірок, варіативність обладнання та проблему пояснюваності результатів. Це дало змогу обґрунтувати потребу в гібридних архітектурах, які поєднують моделі штучного інтелекту з формалізованими медичними знаннями.

У другому розділі розроблено та описано методи передачі експертних знань до системи штучного інтелекту медичного діагностичного комплексу. Зокрема, розкрито метод адаптивної дистиляції знань від моделей-вчителів до моделі-учня та метод встановлення смислових зв'язків у медичних текстах через інтеграцію знань предметної області і аналіз клінічної полярності. Подані у розділі математичні залежності та алгоритмічні схеми відображають внутрішню логіку запропонованих рішень.

У третьому розділі сформовано методи інтеграції знань діагностичних моделей в архітектурі глибокого навчання медичних систем. Окрему увагу приділено сегментації зображень магнітно-резонансної томографії серця та ідентифікації патологій серця з використанням графової згорткової мережі, орієнтованої на знання. У розділі показано, що врахування топологічних і

реляційних обмежень дає змогу підвищити анатомічну коректність результатів та інтерпретованість діагностичних висновків.

У четвертому розділі подано архітектуру програмного комплексу «IDK Medical AI», методологію експериментів та результати верифікації запропонованих методів. Проведено аналіз кількісних показників якості на еталонних наборах даних MIMIC-CXR, MedNLI, ACDC та M&Ms-2. Окремо розглянуто обчислювальну складність, придатність системи до практичного використання та обмеження запропонованих методів.

У висновках дисертації подано отримані наукові та практичні результати дослідження. Основні висновки логічно випливають із результатів, які наведено у розділах роботи, та підтверджують досягнення поставленої мети.

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

Дисертаційна робота Чабана Олександра Романовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить ознак фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та некоректних запозичень. Використані результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріали дисертаційної роботи викладено логічно, послідовно, на належному науково-технічному рівні. Здобувач використовує загальноприйнятну термінологію у галузі комп'ютерних наук, штучного інтелекту, медичної візуалізації та інтелектуального аналізу даних. Текст роботи достатньою мірою проілюстрований рисунками, таблицями та блок-схемами алгоритмів. Дисертація має логічну структуру, а виклад матеріалу загалом відповідає вимогам до наукових текстів.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні результати дисертації опубліковано у 12 наукових працях, серед яких 1 стаття у виданні, що індексується наукометричною базою Scopus, 3 статті у фахових виданнях України категорії «Б», 6 публікацій у матеріалах конференцій, 1 розділ у колективній монографії та 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму.

Результати дисертації апробовано на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема: 2nd International Workshop on Advanced Applied Information Technologies (Khmelnyskyi, 2025); 8th International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine (Lviv, 2025); 5th Edge Computing Workshop (Zhytomyr, 2025); XVI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2024»; 12th International Conference Information Control Systems & Technologies (Odesa, 2024); XXII

Міжнародній науковій конференції «Нейромережні технології та їх застосування НМТЗ-2024».

Сумарно опубліковані праці демонструють повноту викладу результатів дисертаційної роботи. У публікаціях здобувачем дотримано принципів академічної доброчесності.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи:

1. У першому розділі доцільно було б чіткіше розмежувати внесок українських та іноземних учених у формування окремих складників досліджуваної проблеми, зокрема щодо медичної візуалізації, графових моделей, інтеграції онтологічних знань та аналізу клінічних текстів тощо. У роботі наведено перелік учених, однак не в усіх випадках достатньо деталізовано, які саме положення їхніх досліджень стали підґрунтям для авторських рішень.

2. У дисертації експериментальна перевірка запропонованих методів значною мірою спирається на еталонні відкриті медичні набори даних. Проте, дисертанту варто було б проаналізувати відомі бази медичних зображень, виділити основні характеристики та обґрунтувати вибір наборів даних для проведення експериментів.

3. Метод встановлення смислових зв'язків у медичних текстах, що описаний у розділі 2, передбачає використання англomовних біомедичних ресурсів та зовнішніх онтологічних баз. У роботі зазначено можливість адаптації до українськомовних клінічних записів, проте експериментальна перевірка такого сценарію подана недостатньо повно.

4. Для методу адаптивної дистиляції знань від моделей-вчителів до моделі-учня варто було б детальніше подати залежність ефективності від кількості моделей-вчителів, обсягу розмічених зразків, параметрів фільтрації та апаратних ресурсів. У роботі наведено загальну оцінку обчислювальної складності, однак бракує розгорнутого аналізу чутливості методу до зміни зазначених параметрів.

5. У четвертому розділі детально описаний розроблений апаратно-програмний комплекс під «IDK Medical AI». Однак, автором дисертації не проведено порівняння розробленої системи із відомими аналогами.

6. Окремі рисунки перевантажені внутрішніми текстовими елементами, що ускладнює їх сприйняття в друкованому форматі. Зокрема, на рис. 2.6 «Загальна схема класифікації пар засновок-гіпотеза» текст у блоках схеми подано дрібним кеглем, через що рисунок виконує радше ілюстративну, ніж пояснювальну функцію, і потребує укрупнення або винесення частини текстових пояснень у підрисунковий опис.

7. У тексті дисертації зустрічаються граматичні, синтаксичні помилки та термінологічні неточності.

Однак зазначені вище зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

Висновок про дисертаційну роботу.

У підсумку, вважаю, що дисертаційна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії Чабана Олександра Романовича на тему «Методи та засоби інтеграції знань в моделі штучного інтелекту медичних діагностичних комплексів» 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 12 Інформаційні технології.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6, 7, 8, та 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 (із змінами).

Здобувач Чабан Олександр Романович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент:

д.т.н., професор, професор
кафедри комп'ютерної інженерії
Західноукраїнського національного університету



Олег БЕРЕЗЬКИЙ

