

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська
політехніка»

д.т.н., професору Яковині Віталію Степановичу

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА

доктора технічних наук, професора Ткаченка Романа Олексійовича на
дисертаційну роботу **Пукача Павла Петровича** «Інформаційна технологія
аналізу медичних даних на основі ансамблю методів обчислювального
інтелекту»,

подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії** з галузі
знань 12 «Інформаційні технології»
та спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

1. Загальна характеристика роботи

Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг роботи становить 129 сторінок друкованого тексту, у тому числі 106 сторінок основного тексту, список із 94 найменувань використаних джерел.

До розгляду подано дисертацію на здобуття ступеня доктора філософії та копії усіх опублікованих автором робіт, які відображають результати та зміст дослідження.

2. Оцінка актуальності теми дисертації

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення актуальної науково-прикладної проблеми в галузі комп'ютерних наук щодо підвищення точності та інтерпретованості аналізу медичних даних на основі ансамблю методів машинного навчання. В якості наборів даних використано серії знімків магнітно-резонансної томографії. Розвинуто теоретичні моделі, практичні методи і засоби розроблення інформаційної системи автоматизованого діагностування ушкоджень колінного суглоба з метою зменшення вартості розгортання такої системи.

Актуальність розглянутих у дисертації проблем зумовлена існуючим станом кадрового забезпечення медичних закладів спеціалістами в галузі рентгенології, які могли б швидко та правильно ставити діагнози пацієнтам з порушеннями та проблемами в роботі органів опорно-рухового апарату та інших органів тіла людини. Зокрема, як відзначено у дисертації, останні статистичні дослідження прогнозують значний дефіцит експертів-рентгенологів та спеціалістів суміжних медичних спеціальностей у розвинутих країнах.

Тому потреба розроблення надійних систем автоматизованого діагностування, які могли б пришвидшити або спростити процес виявлення патологічних станів спеціалістами у галузі рентгенології під час аналізу знімків магнітно-резонансної томографії, є актуальною та гострою проблемою для закладів охорони здоров'я. Основне завдання таких інформаційних систем полягало би в оптимізації навантаження на лікарів-спеціалістів відповідного профілю.

У дисертаційній роботі проведено детальний аналіз проблеми побудови інформаційної системи вказаного вище типу для задач автоматизованого діагностування зображень магнітно-резонансної томографії (МРТ) колінних суглобів. Автор дисертації відзначає, що хоча й існуючі дотепер системи для автоматизованого діагностування МРТ колінних суглобів на базі глибинних нейронних мереж можна вважати досить точними, проте вони спираються на застарілі мережі комп'ютерного бачення. На теперішній час досліджень щодо порівняльного аналізу використання сучасніших каркасних мереж не проводилося. При побудові прикладних інформаційних систем для автоматизованого діагностування з використанням вищезгаданих методів актуальною є проблема вартості розгортання таких систем. Вона обумовлена тим, що ці системи вимагають значної кількості обчислювальних ресурсів як для постійного перетренування моделей діагностування на більш свіжих вибірках зображень, так й для хостингу та налагодження моделей для виконання передбачень.

Зазначені вище міркування підтверджують актуальність теми дисертаційного дослідження, яка полягає у розробленні методів та засобів інтерпретованого аналізу зображень МРТ.

Виконані у рамках цієї дисертаційної роботи дослідження, пропозиції та рекомендації стали складовою частиною держбюджетної науково-дослідної роботи Національного університету «Львівська політехніка» «Інформаційна технологія формування психофізичного портрету в умовах стресових ситуацій» (№ державної реєстрації 0119U002257).

3. Оцінка наукових результатів дисертації

Вирішення поставлених завдань дисертаційної роботи виконане на основі нових наукових положень, які полягають у наступному:

- проведення порівняння існуючих методів машинного навчання для аналізу медичних зображень та автоматизованого діагностування на прикладі аналізу зображень МРТ колінного суглоба;
- розроблення моделі аналізу ефективності каркасних мереж виділення ознак для задачі автоматизованого діагностування МРТ колінного суглоба;
- розроблення методу підвищення ефективності ансамблю моделей машинного навчання на основі аугментації даних для усунення перенавчання;
- побудова інтерпретаційної моделі діагностування пошкоджень колінного суглоба на основі аналізу серії зображень МРТ;

- побудова безсерверної архітектури інформаційної системи діагностування пошкоджень колінного суглоба для оптимізації вартості розгортання системи.

4. Оцінка практичного значення результатів роботи

Практичне значення роботи полягає у тому, що на підставі проведених теоретичних і експериментальних досліджень вирішене важливе науково-прикладне завдання в галузі комп'ютерних наук – створення інформаційної технології аналізу медичних даних на основі ансамблю методів машинного навчання.

Отримані автором результати з розробки методів та засобів створення вказаних прикладних інформаційних технологій можуть бути використані для проектування та розгортання сучасних безсерверних інформаційних систем для аналізу медичних даних.

Запропоновані у дисертації технічні рішення проваджені у КП ЛОР «Львівський регіональний онкологічний лікувально-діагностичний центр» – розроблено інтерпретаційну модель для глибинних мереж у різних задачах класифікації, розроблено інформаційну систему для автоматизованого інтерпретованого діагностування зображень МРТ колінного суглоба.

Результати проведених досліджень застосовуються у навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка» при викладанні навчальної дисципліни «Аналіз великих даних».

Результати впровадження підтверджені відповідними актами.

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень і висновків дисертації

Наукові положення, висновки та пропозиції у достатній мірі обґрунтовані теоретичним аналізом, експериментальними дослідженнями, тому їх слід вважати цілком достовірними.

Теоретичні дослідження мають за основу фундаментальні положення прикладної математики, комп'ютерних наук, зокрема, загальні та специфічні методи математичної статистики, методи теорії графів. Крім того, автор використав апробовані сучасні спеціальні методи досліджень вказаного типу задач - архітектури комп'ютерного бачення в якості каркасних мереж виділення ознак; методи комп'ютерних наук, на основі яких побудовані системи автоматизованого діагностування - глибинні нейронні мережі, мережі опорних векторів, ансамблі мереж на основі моделі випадкового лісу; метрики точності; методи комп'ютерних наук для інтерпретації результатів мереж глибинного навчання тощо. Обробка результатів експериментальних досліджень реалізована за допомогою відповідних для такого типу задач методів математичної статистики.

Використані в дисертації основні теоретичні положення та припущення є коректними і не містять протиріч. Усі наявні в дисертації аналітичні залежності одержані шляхом логічних математичних перетворень. Обґрунтованість встановлених закономірностей підтверджувалась експериментальним шляхом.

Висновки і рекомендації, які наведені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, їх достовірність підтверджена апробацією результатів.

Результати роботи достатньо висвітлено та апробовано на міжнародних науково-технічних конференціях з інформаційних систем в медицині. У повному обсязі ці результати доповідались на науковому семінарі кафедри «Системи штучного інтелекту» Національного університету «Львівська політехніка».

Нові наукові результати та положення повністю відображені у 6 роботах: 1 стаття у науковому виданні квартилю Q1, що входить до наукометричної бази Scopus; 3 статті у фахових наукових виданнях України; 2 тези доповідей у збірниках міжнародних конференцій. Кількість публікацій, їх повнота та обсяг у достатній мірі відображають особистий внесок автора і відповідають вимогам, що висуваються до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

6. Оцінка змісту й оформлення дисертації

У дисертаційній роботі на основі отриманих нових науково обґрунтованих результатів вирішено актуальне в галузі знань 12 «Інформаційні технології» наукове та прикладне завдання підвищення точності та інтерпретованості аналізу медичних даних, зокрема, серій зображень магнітно-резонансної томографії, на основі ансамблю методів штучного інтелекту.

Наукова та прикладна проблема, розв'язанню якої присвячена дисертація, поставлена коректно.

У роботі послідовно розглянуто окремі складові проблеми та розроблено засоби для їх вирішення.

У **першому розділі** «Аналіз алгоритмів автоматизованого діагностування зображень МРТ колінних суглобів» автор здійснив опис процесу автоматизованого діагностування МРТ колінних суглобів, ввів основні поняття для аналізу зображень МРТ. Зроблено ґрунтовний аналітичний огляд відповідної наукової літератури, описано ключові досягнення та окреслив невирішені проблеми у сфері автоматизованого діагностування колінних суглобів за МРТ. Там же автор ставить задачу покращення точності передбачення існуючої моделі глибинного навчання MRNet. Засобом вирішення цієї задачі запропоновано дослідження сучасніших архітектур комп'ютерного бачення в якості каркасних мереж виділення ознак.

У **другому розділі** дисертації «Побудова моделі аналізу ефективності каркасних мереж виділення ознак для задачі автоматизованого діагностування МРТ колінного суглоба» автор розробив модель для порівняння ефективності мереж глибинного навчання. Вказана модель розроблена шляхом підстановки різноманітних сучасних архітектур комп'ютерного бачення в якості каркасів виділення ознак.

У **третьому розділі** «Покращення ефективності ансамблю моделей. Побудова інтерпретаційної мережі» автор дослідження описав підхід підвищення точності передбачення на нових даних для моделі шляхом аугментації вхідних зображень. Для досягнення відповідного результату

застосовано апарат випадкових афінних перетворень з метою запобігання перенавчанню моделі глибинного навчання. Крім того, дисертантом розроблено інтерпретаційну модель на основі методу латентного зсуву. Цей метод використано для пояснення результатів передбачення та з метою підвищення прозорості діагностики і спрощення аналізу лікарями-рентгенологами.

Четвертий розділ «Побудова архітектури та апробація результатів» присвячений вирішенню проблеми зменшення вартості розгортання складних інформаційних систем для автоматизованого діагностування ушкоджень колінного суглоба за МРТ. Автор побудував архітектуру інформаційної системи на основі безсерверних обчислень. Крім того, було здійснено порівняння вартості розгортання для традиційної серверної архітектури та запропонованого у дисертації технічного рішення.

Наведені в дисертаційній роботі висновки і рекомендації є достатніми і належним чином обґрунтованими. Для їх висвітлення автором проведені необхідні теоретичні дослідження та здійснена апробація результатів, розроблені відповідні методики.

Отже, на основі розгляду матеріалів дисертації можна зробити позитивний висновок про повноту розв'язання поставленої науково-прикладної задачі.

Дисертація оформлена відповідно до вимог щодо оформлення дисертації, добре ілюстрована. Стиль, логічна послідовність та мова викладення матеріалу відповідають необхідним вимогам до написання наукових робіт.

7. Зауваження до дисертаційної роботи

Оцінюючи дисертаційну роботу загалом позитивно, можна відзначити наступні зауваження.

1. Автором в першому розділі дисертації (зокрема 1.2) наводиться загальновідома інформація щодо принципів побудови ШНМ, функцій технічного нейрона і т.п., що певним чином затіює справжню мету огляду літературних джерел.

2. Робота фокусується виключно на знімках МРТ в якості джерела даних для системи автоматизованого діагностування. На сьогодні для діагностування травм коліна також використовується і рентгенографія, яка є значно дешевшим обстеженням, доступнішим для ширшої маси пацієнтів, що потенційно дозволить зібрати ще більше даних. Сучасні методи рентгенографії практично наблизилися до рівня деталізованості до методів МРТ. Бажано було би у дисертації дослідити можливість використання систем автоматизованого діагностування для рентгенографії, а не лише для МРТ.

3. Автор запропонував архітектуру та методи побудови інформаційної системи на конкретному прикладі опрацювання великих масивів даних - зображень ушкоджень колінного суглоба за допомогою МРТ. Ефективність цих методів може відрізнятися залежно від інших захворювань або інших методів візуалізації. У дисертації варто було би також хоча б оглядово проаналізувати відмінності для випадків діагностування інших патологічних станів та можливі способи вирішення проблеми.

4. Окрім Ассигасу доцільно було б використовувати precision і recall.
5. Висновки до розділів дисертації подаються у вигляді переліку виконаних досліджень, а не в плані їх оцінки.
6. У тексті дисертаційної роботи та реферату є певні неточності редакційного характеру, окремі синтаксичні і стилістичні недоліки .

8. Загальна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Пукача Павла Петровича “Інформаційна технологія аналізу медичних даних на основі ансамблю методів обчислювального інтелекту” є завершеною науковою працею і має важливе значення в галузі комп’ютерних наук на сучасному етапі її розвитку. Вирішено актуальну науково-прикладну задачу, яка полягає у підвищенні точності та інтерпретованості результатів діагностування на основі аналізу медичних даних.

Одержані нові розв’язки науково-прикладної проблеми. Актуальність, практичне значення, новизна та завершеність досліджень, обґрунтування висновків заслуговують позитивної оцінки.

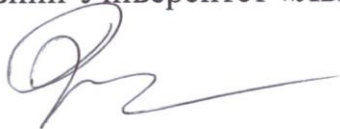
Зміст дисертаційної роботи, отримані основні наукові положення та висновки відповідають паспорту спеціальності 122 «Комп’ютерні науки».

Вказані у п. 7 цього відгуку зауваження щодо представленого дослідження не знижують вагомість отриманих у роботі наукових та практичних результатів і не змінюють її позитивної оцінки.

Робота відповідає вимогам вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор **Пукач Павло Петрович** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 “Комп’ютерні науки”.

Рецензент – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій
видавничої справи

Національний Університет «Львівська Політехніка» Роман ТКАЧЕНКО.



«Підпис Ткаченка Р.О. засвідчую»:

Вчений секретар

Національного університету «Львівська політехніка»,

к.т.н., доц.



Роман БРИЛИНСЬКИЙ