

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету «Львівська  
політехніка»

д.т.н., професору Яковині Віталію Степановичу

## **ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА**

доктора технічних наук, професора Камінського Романа Миколайовича 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**

Медична діагностика впродовж років залишається актуальною. Зокрема, з появою сучасних апаратів дослідження, визначення діагнозу та його пояснення залишається важливим завданням.

Дисертація доктора філософії присвячена розробленню методів та інструментів для підвищення точності та інтерпретованості результатів моделей діагностики травм та аномалій колінного суглоба на основі зображень магнітно-резонансної томографії. Це дає змогу рентгенологам проводити більше обстежень пацієнтів за менший час і мати досить точну систему для підтримки діагностичних рішень. Були вивчені види машинного навчання та проаналізовані наявні дослідження по темі. Також були сформовані кроки, які потрібні для проведення дослідження. Метою дисертаційного дослідження була побудова інформаційної системи для автоматизованого діагностування зображень МРТ коліна. При цьому, така інформаційна система є досить компактна щодо використання ресурсів, для інтегрування у інформаційні системи лікарень та діагностичних центрів.

Загалом робота є завершеним науковим дослідженням, спрямованим на вирішення прикладних задач.

### **2. Оцінка актуальності теми дисертації**

Дисертація є теоретичним узагальненням і новим вирішенням актуальної науково-прикладної проблеми в галузі інформатики щодо підвищення точності та інтерпретованості аналізу медичних даних на основі комплексу методів машинного навчання. Як набори даних використано серію магнітно-

резонансних зображень. З метою оптимізації витрат на використання такої системи розроблено теоретичні моделі, практичні методи та засоби побудови ІТ-системи автоматичної діагностики ушкоджень колінного суглоба.

Актуальність питань, порушених у дисертації, визначає сучасний стан укомплектованості медичних закладів фахівцями радіологічного профілю, здатними швидко та правильно діагностувати порушення та проблеми в роботі опорно-рухового апарату та інших органів в організмі людини. Також новою є і наукова задача, поставлена у роботі – аналіз серії зображень, що дає змогу враховувати приховані залежності між послідовністю зображень.

Отже, з огляду на вище сказане, актуальною та актуальною проблемою для закладів охорони здоров'я є необхідність розробки надійних автоматизованих діагностичних систем, які могли б прискорити або спростити процес виявлення патологічних станів спеціалістами-радіологами під час аналізу магнітно-резонансних зображень. У роботі визначено, що основним завданням таких ІТ-систем є оптимізація навантаження спеціалістів потрібного профілю.

Досліджено алгоритми та методи пояснення результатів передбачення моделей глибинного навчання, та підібрано відповідні методи для використання із заданою комбінованою моделлю.

Розроблено модель для порівняння ефективності мереж глибинного навчання, шляхом підстановки різноманітних сучасних архітектур комп'ютерного бачення в якості каркасів виділення ознак. Розроблено стратегію оцінювання каркасних моделей виділення ознак.

Отже, усе це вказує на актуальність теми дослідження дисертаційної роботи, яка полягає у розробці методів і засобів інтерпретованого аналізу МРТ-зображень.

Робота виконувалася в межах держбюджетної науково-дослідної роботи Національного університету «Львівська політехніка» «Інформаційна технологія формування психофізичного портрету в умовах стресових ситуацій» (№ державної реєстрації 0119U002257).

### **3. Наукова цінність дисертаційного дослідження**

Отримані наукові результати є розв'язують актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності діагностування на основі аналізу медичних даних в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

Для цього автором здійснено порівняння існуючих методів машинного навчання для аналізу медичних зображень та автоматизованого діагностування на прикладі аналізу зображень МРТ колінного суглоба та розроблено модель аналізу ефективності каркасних мереж виділення ознак для задачі автоматизованого діагностування МРТ колінного суглоба.

Також розроблено метод підвищення ефективності ансамблю моделей машинного навчання на основі аугментації даних для усунення перенавчання.

Вперше розроблено інтерпретаційну модель діагностування пошкоджень колінного суглоба на основі аналізу серії зображень МРТ.

#### **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, а зокрема зображень МРТ колінного суглоба, з використанням ансамблів методів машинного навчання. Особливістю роботи є модуль пояснення діагнозу, який може бути корисним для навчання молодих фахівців.

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, метод опорних векторів, 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**

Дисертація оформлена коректно, згідно чинних вимог.

У вступі обґрунтовано актуальність задачі дослідження, виділено мету, задачі та структуру дисертаційної роботи.

У **першому розділі** описано складові процесу автоматизованого діагностування МРТ колінних суглобів, наведено обмеження існуючих методів аналізу серійних знімків. Досліджено сучасні архітектури систем комп'ютерного зору та виділено їх недоліки.

У **другому розділі** представлено порівняльний аналіз сучасних глибинних архітектур комп'ютерного бачення для виділення ознак із зображень МРТ колінного суглоба у задачах класифікації травм та аномалій коліна. Також здійснено порівняння продуктивності базової архітектури MRNet для задачі автоматизованого діагностування зображень МРТ колінного суглоба, використовуючи різноманітні сучасні архітектури комп'ютерного бачення в якості каркасних мереж виділення ознак..

У **третьому розділі** описано підхід підвищення точності передбачення на нових даних для моделі шляхом аугментації вхідних зображень за допомогою випадкових афінних перетворень. Це зроблено для запобігання перенавчанню моделі глибинного навчання. Також розроблено інтерпретаційну модель на основі методу латентного зсуву, для пояснення результатів передбачення, з метою підвищення прозорості діагностики, та простоти кінцевого аналізу лікарями-рентгенологами..

У **четвертому розділі** розроблено архітектуру безсерверних обчислень і розраховано вартість розгортання системи.

Базуючись на аналізі матеріалів дисертації, можна зробити позитивний висновок про повноту розв'язання поставленої науково-прикладної проблеми.

## **7. Зауваження до дисертаційної роботи**

Попри позитивне враження, в роботі помічено певні недоопрацювання, зокрема:

1. Архітектура, наведена у розділі 4, дає змогу оцінити та порівняти часову складність розгортання моделі. Проте, доцільно було б порівняти аналітично часову та емпіричну складності.

2. Незрозумілим є вибір лише зображень МРТ. Окрім того, не вказано, чи існує якийсь зв'язок між різними шарами, і чи впливає на кінцевий результат відсутність зображень або їх спотворення на певних шарах.

3. Частина матеріалу з розділу 2, а саме опис архітектур нейронних мереж і метрик, доцільно було б перенести у розділ 1.

4. Вибір архітектур нейронних мереж мав би бути більше обґрунтований.

5. По тексті дисертації зустрічаються сленгові вирази.

### 8. Загальна оцінка дисертаційної роботи

Отже, дисертаційна робота Пучака Павла Петровича “Інформаційна технологія аналізу медичних даних на основі ансамблю методів обчислювального інтелекту” є завершеною науковою працею і має важливе значення для діагностування в медичній галузі і для розвитку комп'ютерних наук загалом. Вирішено актуальну науково-прикладну проблему, 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 **Пучак Павло Петрович** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 “Комп'ютерні науки”.

Рецензент – доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри систем штучного інтелекту  
Національний Університет «Львівська Політехніка»

  
Камінський Р.М.

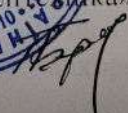
«Підпис Камінського Р.М. засвідчено»

Вчений секретар

Національного університету «Львівська політехніка»,

к.т.н., доц.



  
Брилинський Р.Б.