

Голові  
разової спеціалізованої вченої ради  
Національного університету  
«Львівська політехніка»  
д.т.н., професору Віталію ЯКОВИНІ

**Відгук офіційного опонента**  
на дисертаційну роботу **ПУКАЧА Павла Петровича**  
на тему “Інформаційна технологія аналізу медичних даних на основі  
ансамблю методів обчислювального інтелекту”,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 122 “Комп’ютерні науки”  
у галузі знань 12 “Інформаційні технології”

## **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Дослідження ринку медичних послуг у світі загалом, й в Україні зокрема, показують зростаючу потребу проведення великої кількості медичних обстежень на основі методів рентгенології і та комп’ютерної томографії. Вказаний факт зумовлює гостру необхідність створення систем автоматизованого опрацювання даних магнітно-резонансної томографії (МРТ). Такі системи повинні бути достатньо надійними для діагностування можливих патологічних станів у різних органах тіла пацієнта.

Існуючі дотепер системи для автоматизованого діагностування МРТ колінних суглобів спиралися на дещо застарілі мережі комп’ютерного бачення. Крім того, варто зауважити, що у відповідній науковій літературі дотепер не проведений порівняльний аналіз використання сучасніших каркасних мереж. Багатовимірність вхідних даних стала головною причиною суттєвої складності побудови моделей для інтерпретації результатів автоматизованого діагностування МРТ колінного суглоба.

Проблема вартості розгортання прикладних інформаційних систем для автоматизованого діагностування також є актуальною. Обумовлено це тим, зокрема, що вказані системи вимагають значної кількості обчислювальних ресурсів для постійного перетренування моделей діагностування на нових вибірках зображень та налагодження моделей для виконання передбачень.

З огляду на вказане, завдання дисертаційної роботи, яке полягає у розробленні методів та засобів інтерпретованого аналізу зображень МРТ є актуальною.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Висвітлені в дисертації роботі наукові положення, висновки та запропоновані рекомендації науково і теоретично обґрунтовані, достовірні та апробовані. При проведенні наукового дослідження, висвітленні результатів, формулюванні пропозицій та практичних рекомендацій здобувачем використано ряд загальних та суто специфічних для даної тематики апробованих методів дослідження та прийомів аналізу. Отримані автором результати достатньо обґрунтовані, ступінь їх достовірності не викликає запитань та зауважень.

Структура дисертаційної роботи Пукача П. П. логічна та сприяє в достатній мірі сприйняттю викладеного автором матеріалу. У роботі підкреслено найважливіші висновки, визначено змістовний зв'язок розділів. Робота добре проілюстрована, доповнена графічними засобами, а оформлення підкреслює логіку та функціональність розділення на складові частини. Структура та наповнення розділів характеризує логічну стрункість процесу дослідження протягом усієї дисертаційної роботи.

У першому розділі “Аналіз алгоритмів автоматизованого діагностування зображень МРТ колінних суглобів” було визначено поняття процесу автоматизованого діагностування зображень, описано процес автоматизованого діагностування МРТ колінних суглобів, введено основні поняття для аналізу зображень МРТ. Автором дослідження здійснено аналітичний огляд літератури, описано дотеперішній стан результатів у царині автоматизованого діагностування МРТ колінних суглобів - набори даних KneeMRI та MRNet, застосування глибинних нейронних мереж, метод опорних векторів, моделі випадкового лісу. Крім того, здійснено опис відповідних прикладних інформаційних технологій, поставлено задачу покращення точності передбачення існуючої моделі глибинного навчання.

У Розділі 2 “Побудова моделі аналізу ефективності каркасних мереж виділення ознак для задачі автоматизованого діагностування МРТ колінного суглоба” автор побудував модель оцінки результатів передбачення мережі MRNet. В якості каркасних мереж виділення ознак було використано різні сучасні архітектури комп'ютерного бачення. На основі зібраних даних атор дисертаційного дослідження змодельовав архітектуру ансамблю мереж-блоків MRNet. При цьому було вирішено задачу автоматизованого діагностування знімків у трьох розрізах.

Розділ 3 “Покращення ефективності ансамблю моделей. Побудова інтерпретаційної мережі” присвячено проблемам підвищення точності передбачення для моделі. З метою запобігання перенавчанню моделі глибинного навчання використано спосіб аугментації вхідних зображень за допомогою випадкових афінних перетворень. Для підвищення прозорості діагностики, простоти інтерпретування та кінцевого аналізу лікарями-практиками автор розробив інтерпретаційну модель на основі методу латентного зсуву.

У четвертому розділі дисертаційного дослідження “Побудова архітектури та апробація результатів” розроблено архітектуру інформаційної системи для здійснення автоматизованого діагностування та інтерпретацій рішень класифікації щодо заданих діагнозів. Автор використав безсерверний підхід з метою зменшення вартості розгортання такої системи на хмарному провайдері Amazon Web Services.

### **3. Наукова новизна результатів досліджень**

Проведений детальний аналіз змісту дисертаційної роботи та наведених наукових праць дозволяє виділити основні наукові положення, висновки, пропозиції та рекомендації, які сформулював здобувач.

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, є обґрунтованими та містять наукову новизну. Новизна результатів дисертації забезпечується коректною постановкою наукових завдань і адекватністю методів їхнього розв’язання, застосуванням загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, використанням досягнень вітчизняної та зарубіжної літератури в галузі комп’ютерних наук та достатнього масиву даних.

Новизна наукових результатів дисертаційного дослідження, яка відображає особистий внесок дисертанта, полягає в наступному:

- автор вперше розробив модель порівняння ефективності каркасних мереж виділення ознак для задач автоматизованого діагностування МРТ шляхом використання метрики капа Коена в рамках моделі надійності різних оцінювачів;

- автор вперше застосував метод латентного зсуву до автоматизованого діагностування МРТ коліна з метою інтерпретування результати класифікації моделі, розробив інтерпретаційну модель діагностування за зображеннями МРТ;

- автор удосконалив метод запобігання перенавчання моделі, що дає змогу застосовувати цей метод до серійних зображень;

- автор розвинув метод діагностування на базі ансамблю різнотипних каркасних мереж метою підвищення точності прийнятих рішень.

### **4. Значення результатів дослідження для науки і практики.**

Значення отриманих автором результатів полягає в тому, що сукупність сформульованих теоретичних положень, висновків і розроблених практичних рекомендацій створює наукову основу для вдосконалення методів діагностування на основі знімків МРТ з використанням підходу безсерверних обчислень з метою оптимізації витрати на розгортання системи. Достовірність та обґрунтованість одержаних в дисертаційному дослідженні результатів підтверджується тим, що вони одержані на основі конкретної методології наукового пізнання, а також впровадженням результатів досліджень у сфері науки та освіти. Вказані теоретична та практична цінності підтвержені наведеними у дисертації актами впровадження. Актуальність дисертаційної роботи також обґрунтована

окремими розділами, які ввійшли у науково-дослідницькі теми «Інформаційна технологія формування психофізичного портрету в умовах стресових ситуацій» (номер державної реєстрації 0119U002257).

## **5. Повнота відображення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих автором дисертації працях**

Результати дослідження опубліковано достатньо повно. Основні положення дисертації опубліковані автором у 6 наукових працях, із них 1 стаття – у виданні, що індексуються в наукометричній базі даних Scopus (журнал квартилю Q2), 3 статті – у фахових виданнях України, 2 публікації – у збірниках наукових праць конференцій. Основні положення та результати дослідження, представлені у дисертації, оприлюднені та обговорені на міжнародних науково-практичних конференціях, а також на науковому семінарі кафедри Системи штучного інтелекту Національного університету “Львівська політехніка”.

## **6. Мова та стиль дисертаційної роботи**

Дисертація написана доступно, на високому науковому та технічному рівні. Виклад лаконічний, без непотрібних та зайвих деталізацій, з використанням сучасної професійної термінології. Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”, галузі знань 12 “Інформаційні технології”.

## **7. Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи**

Як зауваження по роботі варто відзначити таке.

1. Запропоновані архітектура та методи були перевірені на конкретній задачі автоматизованої діагностики ушкоджень колінного суглоба за допомогою МРТ. Ефективність цих методів може відрізнитися залежно від інших захворювань або інших методів візуалізації. У дисертації варто було би хоча б згадати про цю проблему та можливі способи вирішення проблеми.

2. Не заперечуючи ефективності та оптимізації розробленої автором архітектури інформаційної системи, треба зауважити, що порівняння вартості між запропонованою безсерверною архітектурою та традиційною серверною архітектурою може не підходити для інших інформаційних систем або галузей.

3. Попри неординарний підхід до створення інтерпретаційної моделі для автоматизованого діагностування МРТ колінних суглобів, алгоритм візуалізації ділянок МРТ, котрі найбільше впливають на рішення класифікації, можна було б покращити.

4. У дисертаційному дослідженні присутні описки, дрібні недоліки та неузгодженості редакційно-стильового оформлення, що знижують загалом позитивне враження від роботи.

5. Зазначені зауваження та недоліки не впливають на науковий рівень, новизну та практичне значення отриманих автором результатів.

#### **8. Загальний висновок**

Дисертаційна робота ПУКАЧА Павла Петровича на тему “Інформаційна технологія аналізу медичних даних на основі ансамблю методів обчислювального інтелекту” є завершеним науковим дослідженням, що стосується вирішення важливого наукового завдання - розроблення інформаційної моделі аналізу медичних даних, зокрема, серій знімків магнітно-резонансної томографії, на основі ансамблю методів машинного навчання, з метою підвищення точності та інтерпретованості результатів діагностування. Усі основні положення дисертації самостійно отримані автором та характеризується актуальністю, науковою новизною, теоретичною та практичною цінністю. Результати та висновки, сформульовані автором у дисертаційному дослідженні, достатньо обґрунтовані. Достовірність результатів та висновків спирається на сучасні роботи вітчизняних і зарубіжних учених-професіоналів у галузі методів машинного навчання, нейронних мереж та комп'ютерного бачення. Вони базуються на наукових методах дослідження, підтверджені апробацією запропонованих теоретичних положень та практичних висновків, Одержані наукові та практичні результати є важливими для галузі знань “Інформаційні технології”. Тема та зміст роботи відповідають спеціальності 122 “Комп'ютерні науки”.

Враховуючи актуальність теми дисертаційного дослідження “Інформаційна технологія аналізу медичних даних на основі ансамблю методів обчислювального інтелекту”, обґрунтованість наукових положень роботи, висновків та рекомендацій, що у ній викладені, новизну, практичну цінність, достатню оприлюдненість та апробацію представлених до захисту результатів у наукових статтях та матеріалах конференцій, відповідність нормам академічної доброчесності вважаю, що дисертація відповідає 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”.

Офіційний опонент:  
завідувач кафедри програмних засобів  
Національного університету  
«Запорізька політехніка»,  
доктор технічних наук, професор

Сергій СУББОТІН  
Підпис  
**ЗАСВІДЧУЮ**  
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
"ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА"