

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

## 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 в галузі знань 12 “Інформаційні технології”

### **1. Актуальність теми дослідження та зв’язок з науковими програмами, планами та темами**

Засоби штучного інтелекту використовуються для розв’язування широкого кола задач, зокрема для підтримки прийняття рішень в медицині. Особливо складними є задачі класифікації на основі опрацювання 3-вимірних медичних зображень. Існуючі рішення щодо опрацювання медичних зображень, зокрема магнітно-резонансної томографії, полягають у тому, що кожне зображення (шар) опрацьовується незалежно від інших, що загалом знижує якість прийнятих рішень. Засоби штучного інтелекту для класифікації 3-вимірних медичних зображень переважно ґрунтуються на згорткових нейронних мережах. Причому для кожного типу зображень притаманні специфічні архітектури цих мереж.

Дисертаційне дослідження Пукача Павла Петровича присвячене побудові методів синтезу та застосування нейронних мереж для автоматизованого діагностування ушкоджень та аномалій колінного суглоба на основі зображень магнітно-резонансної терапії (МРТ). Причому, на відміну від існуючих методів та засобів розв’язування цієї задачі, автором поставлено задачу покращення точності передбачення існуючої моделі глибинного навчання MRNet шляхом дослідження та впровадження більш ефективних та сучасних архітектур комп’ютерного зору на основі відомих мереж виділення ознак. Тому тема та завдання дисертаційного є без сумніву актуальними. Підвищення точності та інтерпретовності існуючих систем автоматизованого діагностування ушкоджень та аномалій колінного суглоба на основі зображень магнітно-резонансної терапії дасть можливість експертам- рентгенологам здійснювати більше обстежень пацієнтів за менший проміжок часу, маючи доволі точну систему підтримки прийняття діагностичних рішень.

Актуальність теми дослідження підтверджується тим, що напрям досліджень дисертаційної роботи відповідає пріоритетному напрямку «Інформаційні та комунікаційні технології», відповідно до закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Дисертаційна робота також виконувалася відповідно до пріоритетних напрямків науково- дослідних робіт Національного університету «Львівська політехніка». Зокрема, наукові дослідження за темою дисе-

ртації виконувалися в рамках держбюджетної наукової теми кафедри систем штучного інтелекту «Інформаційна технологія формування психофізичного портрету в умовах стресових ситуацій» (№ держ. реєстру 0119U002257).

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

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, повною мірою обґрунтовані, оскільки вони логічно випливають із результатів, отриманих за допомогою чітких математичних викладок з коректним використанням методів прийняття рішень та машинного навчання. Логічна послідовність етапів проведених досліджень також зумовлює коректність викладених положень.

Достовірність одержаних результатів базується на обґрунтованості: більшості зроблених припущень, перевірці точності моделі класифікації кількома метриками та на різних наборах даних, алгоритмів опрацювання, аналізу медичних зображень, методів побудови безсерверних архітектур програмного забезпечення, а також узгодженість їх результатів з результатами інших дослідників та успішній апробації результатів дослідження на науково-технічних конференціях. Наукова новизна, висновки мають коректне наукове обґрунтування. Теоретичне підґрунтя, логічна послідовність проведених досліджень, експериментальні підтвердження та результати комп'ютерної симуляції запропонованих методів забезпечують обґрунтованість та достовірність отриманих результатів.

## **3. Наукова новизна результатів дослідження**

Дисертаційна робота П.П. Пукача містить нові наукові результати по розробці методів обчислювального інтелекту та інформаційної технології аналізу аномалій колінного суглоба на основі зображень магнітно-резонансної терапії. 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 науки, опублікованих в літературі результатів в галузі обчислювального інтелекту.

До найбільш важливих результатів дисертаційного дослідження, які мають наукову новизну, можна віднести:

1. Вперше запропоновано та обґрунтовано показники ефективності мереж виділення ознак для задач автоматизованого діагностування МРТ, які дають можливість виділення найбільш продуктивних мереж у спосіб використання шару виділення ознак як варіативного та різних вхідних шарів класифікаторів. При цьому застосовано метрики Капа Коена в рамках моделі надійності різних оцінювачів.

2. Вперше застосовано метод латентного зсуву до автоматизованого діагностування МРТ колінного суглобу, що дало змогу розробити інтерпретаційну модель діагностування пошкоджень колінного суглобу за знімками магнітно-резонансної томографії, шляхом побудови карти помітності на основі латентної змінної із заданим значенням зсуву, забезпечуючи цілісність

зображень в розрізі, інтерпретацію результатів класифікації моделі та прозорість діагностичних рішень

3. Удосконалено метод запобігання перенавчання, на прикладі моделі розриву ACL на сагітальному розрізі МРТ, на основі аугментації наборів даних у спосіб застосування послідовності поворотів та випадкових афінних перетворень, що ймовірно дає змогу застосовувати цей метод до серійних зображень.

4. Отримав подальший розвиток метод діагностування для МРТ колінного суглоба на основі розроблення моделі на базі ансамблю різнотипних мереж, що дало змогу підвищити достовірність правильного прийняття рішень.

#### **4. Зміст дисертації та відповідність встановленим вимогам**

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, використаних джерел інформації із 94 найменувань та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 129 сторінок, з них 106 сторінок основного тексту. Зміст дисертації, її логічне викладення відповідає поставленим завданням дослідження. Рукопис дисертації характеризується завершеністю щодо вирішення поставленої мети. Варто зазначити дещо декларативні висновки по розділах.

У першому розділі «Аналіз алгоритмів автоматизованої діагностики МРТ-зображень колінних суглобів» було описано процес автоматизованої діагностики МРТ-зображень колінних суглобів та проаналізовано основні концепції опрацювання МРТ-зображень. На основі проведеного пошуку літературних джерел описано важливі успіхи в області автоматизованої діагностики колінних суглобів за допомогою МРТ. Мета полягає в тому, щоб підвищити точність передбачення існуючої моделі глибокого навчання MRNet шляхом вивчення більш сучасних архітектур комп'ютерного зору, ніж мережі фреймворків вилучення функцій.

У другому розділі «Побудова моделі для аналізу ефективності мереж кадрів виділення ознак для завдання автоматизованої діагностики МРТ колінного суглоба» було запропоновано та обґрунтовано показники для порівняння ефективності мереж глибокого навчання у спосіб заміни різних сучасних архітектур комп'ютерного зору.

У третьому розділі «Підвищення ефективності ансамблю моделей. Побудова інтерпретаційної мережі» описує підхід до підвищення точності прогнозів для нових даних для моделі у спосіб додавання вхідних зображень за допомогою випадкових афінних перетворень, щоб запобігти перенавчання глибокого навчання. Крім того, інтерпретаційна модель, заснована на методі латентного зсуву, розроблена для пояснення результатів прогнозування, що підвищує прозорість діагностики та полегшує остаточний аналіз рентгенологами.

Четвертий розділ «Архітектурна конструкція та перевірка результатів» присвячений проблемі зниження вартості розгортання складних інформаційних систем автоматизованої діагностики ушкоджень колінного суглоба за допомогою МРТ. Створено архітектуру інформаційної системи на основі безсерверних

обчислень і наведено порівняння витрат на розгортання традиційної серверної архітектури та запропонованого рішення.

*Висновки* відображають отримані результати, сформульовані коректно з використанням кількісних оцінок досягнутих результатів.

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

Значення отриманих автором результатів для науки полягає в тому, що сукупність сформульованих теоретичних положень, висновків і розроблених практичних рекомендацій є основою для вдосконалення методів класифікації (діагностування захворюваності) на основі аналізу серійних знімків МРТ з використанням ансамблювання моделей машинного навчання. Вказані теоретична та практична цінності підтверджені наведеними у дисертації актами впровадження в процесі виконання НДР, так і для практичного використання. Актуальність дисертаційної роботи також обґрунтована окремими розділами, які ввійшли у держбюджетну тему «Інформаційна технологія формування психофізичного портрету в умовах стресових ситуацій», яка виконувалася в Національному університеті «Львівська політехніка» (номер державної реєстрації 0119U002257).

### **6. 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 наукових семінарах кафедри «Системи штучного інтелекту» Національного університету «Львівська політехніка».

### **7. Відомості про дотримання академічної доброчесності**

У дисертації та наукових публікаціях П.П. Пукача порушень академічної доброчесності не виявлено.

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

1. Дисертаційна робота стосується вузького кола аналізу знімків МРТ колінного суглобу, їх автоматичного діагностування та інтерпретації. Хоча автор претендує на розробку методів, моделей та інформаційної технології аналізу усіх можливих зображень МРТ і це не є доказовим в роботі.

2. Отримані результати метрики Каппи Коена при порівнянні ефективності різних відомих мереж є доволі невисокими, що свідчить про доцільність дотренування моделей.

3. Незрозумілим є використання у дисертаційній роботі терміну «каркасні мережі», оскільки мова йде про використання раніше добре відомих згорткових нейронних мереж, кожна з яких ефективна для різних розрізів МРТ.

4. Розроблений у третьому розділі метод латентного зсуву для підвищення інтерпретованості результатів вносить зміни у медичні зображення, про доцільність чого необхідно було б написати детальніше.

5. Запобігання перенавчання моделі на основі аугментації наборів даних шляхом застосування послідовності поворотів та випадкових афінних перетворень є класичним підходом і мало ймовірно може претендувати на наукову новизну. Доцільно було б більше описати особливості цього методу в дисертаційній роботі. Незрозумілою є суть удосконалення цього методу.

6. В роботі присутні англіцизми, які варто було б замінити україномовними аналогами.

Вказані зауваження та дискусійні питання не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

### 9. Загальний висновок.

Дисертаційна робота Пукача Павла Петровича на тему “Інформаційна технологія аналізу медичних даних на основі ансамблю методів обчислювального інтелекту”, подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 - комп’ютерні науки, є завершеним науковим дослідженням, що стосується вирішення важливого наукового завдання - розроблення інформаційної системи аналізу медичних даних, зокрема, серій знімків магнітно-резонансної томографії на основі ансамблю методів машинного навчання з метою підвищення точності та інтерпретованості результатів діагностування.

Вважаю, що за новизною, актуальністю, обсягом та практичним значенням дисертація відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «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 №44 від 12 січня 2022, а її автор Пукач Павло Петрович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 - комп’ютерні науки.

### Офіційний опонент:

доктор технічних наук,

професор, декан факультету комп’ютерних  
інформаційних технологій

Західноукраїнського національного університету



Микола ДИВАК

