Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 70.052.013
Хмельницького національного університету
доктору технічних наук, професорові
Тетяні ГОВОРУЩЕНКО
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Радюка Павла Михайловича
«Інформаційна технологія раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних зображень легень»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

1. Актуальність теми дисертації. За останні десятиліття вірусна пневмонія стала одним із найбільш широко поширених захворювань. Щорічно у світі понад 450 мільйонів людей потерпають від цього легеневого захворювання, а 4 мільйони гинуть не отримавши вчасного лікування. В Україні на пневмонію хворіють щороку від 40 до 50 тис. осіб. Також у країні зросла смертність від цього захворювання: 5-15 % випадків при позалікарняних пневмоніях, до 50 % – при шпитальних. Значна кількісна різниця між показниками інфекціонування та смертності демонструє, наскільки вирішальним є раннє діагностування пневмонії.

Рентгенологи мусять володіти достатньо навченими очима, щоби розрізняти неоднорідний колірний розподіл повітря в легенях, та мати широкий багаторічний досвід клінічного лікування. Медичному фахівцю надзвичайно важливо визначити чи відповідають білі плями на медичному зображенні пневмонічній рідині. Невчасно або неправильно поставлений діагноз може мати фатальні наслідки для пацієнтів із гострим пневмонічним запаленням легень.

Хмельницький національний університет
Вх. № 3-122
"13" 12 2021 р.
Підпис

Тому з огляду на значну проблему ідентифікації вірусної пневмонії за медичними зображеннями легень, актуальним видається застосування обчислювальних методів комп'ютерного зору та машинного навчання до діагностування пневмонії.

Отже, потреба в автоматизації процесу діагностування вірусної пневмонії за медичними зображеннями грудної клітини, а також брак інформаційної технології раннього діагностування пневмонії створюють актуальну науково-прикладну задачу, одним зі шляхів розв'язання якої є розроблення інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних зображень легень.

Актуальність проблеми та важливість отриманих результатів підтверджується їхнім використанням при виконанні держбюджетної теми та впровадженням на підприємствах.

Дисертаційна робота Радюка Павла Михайловича пов'язана з планами наукових досліджень, які виконувалися в рамках виконання держбюджетних тем № 2Б-2016 "Розробка теорії та практики автоматичного зрівноваження обертових тіл рідинними і сипкими матеріалами без підведення енергії та керування рухом" (номер держреєстрації 0116U001547) та № 1Б-2021 "Самоорганізована розподілена система виявлення зловмисного програмного забезпечення в комп'ютерних мережах" (номер держреєстрації 0121U109936) у Хмельницькому національному університеті, у яких здобувач був виконавцем окремих розділів.

2. Оцінка змісту дисертаційної роботи. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій. Дисертація складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та трьох додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність тематики дисертаційної роботи, правильно визначені об'єкт та предмет дослідження, сформульовані мета й задачі дослідження, визначені наукова новизна та практична цінність одержаних результатів, а також наведені відомості про апробацію та структуру роботи.

У **першому розділі** дисертації проведено аналіз відомих моделей, методів та засобів цифрового діагностування пневмонії за медичними

зображеннями грудної клітини людини. У результаті проведеного аналізу здобувачем зроблено обґрунтований висновок, що задача автоматизованого діагностування пневмонічного запалення за медичними зображеннями грудної клітини наразі не розв'язана. Матеріал розділу висвітлено повно. Обґрунтування актуальності та постановка наукової задачі виконані автором ретельно та всебічно.

У **другому розділі** дисертації проведено моделювання ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях за медичним зображенням легень. У результаті такого моделювання автор уперше розробив нейромережеву модель медичного зображення легень з ознаками пневмонічного запалення для ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях. Також у розділі удосконалено метод підбору квазіоптимальних гіперпараметрів нейромережевої моделі для врахування індивідуальних особливостей легень та метод візуального подання результатів для пояснення результатів ідентифікації захворювання легень. Матеріал розділу висвітлено повно.

У **третьому розділі** дисертації розроблено інформаційну технологію раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі для ідентифікації захворювання легень за рентгенівськими зображеннями легень. Розроблена інформаційна технологія призначена для перетворення вхідної інформації поданої у вигляді цифрового медичного зображення в діагноз, що подається як оцінка стану захворювання людини. Цінною рисою інформаційної технології є візуальне подання результатів діагностування, що дає змогу медичним фахівцям інтерпретувати виявлення ознак захворювання на медичному зображенні. Матеріал розділу висвітлено повно.

У **четвертому розділі** дисертації проведено експериментальне тестування розробленої інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за різними наборами даних медичних зображень. У розділі подано результати функціонування інформаційної технології, визначено її переваги та проаналізовано можливі недоліки під час впровадження інформаційної технології на практиці. Матеріал розділу висвітлено повно.

Висновки по роботі сформульовані чітко, вони повністю висвітлюють отримані в роботі результати. За своїм рівнем висновки відповідають вимогам,

які висуваються до результатів дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури є інформативним та актуальним, повно охоплює предметну галузь цифрового медичного діагностування та відбиває опрацювання автором значної кількості закордонних джерел.

Додатки до роботи містять список публікацій здобувача, акти впровадження результатів дисертації та проміжні результати експериментального тестування розробленої інформаційної технології раннього діагностування пневмонії.

Наукові положення, висновки й рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі Радюка Павла Михайловича, достатньо обґрунтовані правильним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією інформаційної технології, ефективним практичним впровадженням результатів досліджень, яке продемонструвало збіжність теоретичних досліджень з реальними результатами.

Для теоретичного обґрунтування наукових положень та висновків здобувачем використано: теоретико-множинні підходи, викладенні із коректним використанням принципів системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції тощо), методи математичної статистики та теорії ймовірності, методи інтелектуального аналізу даних та машинного навчання, методи чисельної оптимізації, евристичні методи оптимізації, методи верифікації гібридних моделей, імітаційне та комп'ютерне моделювання, а також загальні принципи створення інформаційних систем та систем підтримки прийняття рішень. Розроблені дисертантом практичні рекомендації ґрунтуються на розроблених ним наукових положеннях.

З огляду на зміст та висвітлені в роботі матеріали, можемо говорити про обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, що забезпечується правильною постановкою задачі та завдань дослідження, які розв'язуються логічно, послідовно та аргументовано.

3. Наукова новизна та теоретична цінність результатів дисертаційної роботи полягає в розробленні інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних

зображень легень, яка призначена для автоматизації процесу раннього діагностування пневмонії та забезпечує підвищення точності та надійності ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях за медичними зображеннями грудної клітини людини.

У дисертаційній роботі Радюком П.М. отримані такі значущі наукові результати:

1) уперше розроблено нейромережеву модель медичного зображення легень з ознаками пневмонічного запалення для ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях; особливістю запропонованої моделі є використання за навченою згортковою нейронною мережею гіперпараметрів для виділення карт пневмонічних ознак у випадках індивідуальних особливостей легень, які не входили в початкову навчальну вибірку;

2) удосконалено метод підбору квазіоптимальних гіперпараметрів нейромережевої моделі для ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях за рентгенівськими зображеннями легень; удосконалений метод призначений для локалізації та виявлення розсіяних ознак пневмонічного запалення, що відповідають індивідуальним особливостям легень людини; такий підхід дає змогу врахувати індивідуальні особливості легень, й отже, забезпечити високу точність ідентифікації захворювання легень;

3) удосконалено метод візуального подання та пояснення результатів медичного діагностування, який, на відміну від відомих підходів, ґрунтується на формуванні карт активації класів на основі середньозважених градієнтів, що дає можливість охопити всю область інтересу на зображенні та забезпечує виражену візуальну локалізацію аномальних зон на медичному зображенні;

4) розвинуто інформаційну технологію раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних зображень легень , що на основі розробленої моделі згорткової нейронної мережі та методу підбору квазіоптимальних гіперпараметрів нейронних мереж, а також із використанням удосконаленого методу візуального подання результатів цифрового діагностування дає можливість ідентифікувати ранню пневмонію з високим показником точності та низьким рівнем обчислювальної складності.

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. У процесі створення нейромережевої моделі медичного зображення легень з ознаками пневмонічного запалення для ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях, а також під час удосконалення методів підбору квазіоптимальних гіперпараметрів нейромережевої моделі та візуального подання результатів ідентифікації захворювання легень здобувачем Радюком П.М. використано методи математичної статистики та теорії ймовірності, методи інтелектуального аналізу даних та машинного навчання, методи чисельної оптимізації, евристичні методи оптимізації, методи верифікації гібридних моделей, імітаційне та комп'ютерного моделювання. Під час проєктування та реалізації інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних зображень легень застосовувалися загальні принципи створення інформаційних систем та систем підтримки прийняття рішень. Для створення нейромережевої моделі використано відповідне й актуальне програмне середовище. Для реалізації інформаційної технології у вигляді вебсервісу використано сучасні мови програмування та засоби розробки програмного забезпечення.

Наукові положення, висновки й рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі Радюка Павла Михайловича, є обґрунтованими правильним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією інформаційної технології раннього діагностування пневмонії та ефективним практичним впровадженням результатів досліджень.

Отже, достовірність наукових положень, висновків та результатів підтверджується відповідністю методології дослідження поставленій проблемі, повнотою розгляду об'єкта дослідження, застосуванням методів, адекватних предмету дослідження та ґрунтується на експериментальних дослідженнях, які продемонстрували збіжність теоретичних положень з реальними результатами, а також на успішній їх апробації на 11 Міжнародних та Всеукраїнських науково-технічних і науково-практичних конференціях.

5. Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення отриманих результатів полягає в розроблені інформаційної технології раннього

діагностування пневмонії, яка: дає змогу виконувати ефективну класифікацію рентгенівських зображень на малих обчислювальних пристроях; враховує індивідуальні особливості легень кожної людини на медичному зображенні; надає простий та зрозумілий користувацький інтерфейс для ідентифікації слабо виражених пневмонічних ознак ранньої стадії захворювання. Результати експериментальних тестувань із використанням розробленого програмного забезпечення підтверджують достовірність наукових положень запропонованої інформаційної технології, оскільки впровадження інформаційної технології дало змогу підвищити достовірність виявлення ознак пневмонічного запалення за медичними зображеннями на 0,64 %-1,95 % та знизити ймовірність виникнення помилки під час ідентифікації захворювання легень на 0,64 %-1,64 % у порівнянні з відомими аналогами.

За результатами виконаних досліджень дисертантом розроблено методичне забезпечення, яке використовується в навчальному процесі в Хмельницькому національному університеті на кафедрі комп'ютерних наук при викладанні дисциплін «Моделювання систем», «Дослідження операцій та основи теорії прийняття рішень», «Інтелектуальний аналіз даних» та «Прикладні математичні пакети для аналізу результатів наукових досліджень». Крім того, розроблені в дисертаційній роботі положення знайшли практичне застосування в роботі рентгенологічного відділення КП «Хмельницька міська лікарня», ТОВ «Науково-технічна фірма «Інфосервіс» та в навчальному процесі Хмельницького національного університету.

6. Рекомендації щодо використання результатів. Результати досліджень можуть бути рекомендовані до впровадження в медичних закладах для автоматизації процесу діагностування пневмонічного запалення на ранніх стадіях за медичними зображеннями грудної клітини, а також у компаніях, які займаються розробленням програмного забезпечення, як складова частина системи підтримки прийняття рішень для ідентифікації захворювання легень.

7. Дотримання вимог академічної доброчесності. Роботу Радюка П.М. перевірено на плагіат програмним засобом «Unicheck». Отримані результати свідчать про високу індивідуальність роботи. За результатами перевірки виявлено відокремлені збіги з власними публікаціями, термінологією,

посиланнями на літературу та загальновживаними фразами. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

8. Повнота викладу результатів роботи в опублікованих працях. Основні результати дисертації опубліковані у 20 наукових працях, поміж яких 3 статті в періодичних виданнях, що індексуються в наукометричних базах Scopus, Web of Science (в тому числі: 2 статті, що опубліковані в періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до Європейського Союзу), 1 стаття в періодичному науковому виданні іншої держави, яка входить до Європейського Союзу, 5 статей у фахових наукових журналах України, 4 статті в матеріалах конференцій, що індексуються в наукометричних базах Scopus і Web of Science, 7 публікацій у матеріалах наукових конференцій (тез доповідей). Вважаю, що вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

9. Зауваження до дисертаційної роботи.

До зауважень та недоліків дисертації відноситься наступне:

1)у першому розділі на ст. 47-50 компоненти довідкових формул подано без конкретизації зв'язків між собою;

2)у роботі наведено опис раннього діагностування пневмонії, але немає математичних формулювань, що відповідають набору ознак ранньої пневмонії на медичному зображенні;

3)у роботі не проведено порівняння переваг удосконаленого методу підбору квазіоптимальних гіперпараметрів нейромережевої моделі з аналогами;

4)рис. 3.14 на ст. 111 доцільно повністю українізувати;

5)не зрозуміло як запропонована нейромережева модель для ідентифікації пневмонії реагуватиме на ознаки інших легеневих хвороб; до тестування ефективності розробленої інформаційної технології варто додати супутні легеневі хвороби.

Проте вказані зауваження суттєво не зменшують загальну позитивну оцінку роботи. Автор досяг поставленої мети – автоматизував процес раннього діагностування пневмонії та забезпечив підвищення точності й надійності ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях через розроблення інформаційної

технології раннього діагностування пневмонії за медичними зображеннями грудної клітини.

10. Висновок. Дисертаційна робота на тему «Інформаційна технологія раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних зображень легень» є завершеним самостійним дослідженням, яке розв'язує актуальну науково-прикладну задачу автоматизації процесу діагностування пневмонії на ранніх стадіях. Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

Враховуючи актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, новизну та практичну цінність отриманих результатів, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація цілком відповідає вимогам пп. 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167 (зі змінами), а її автор, Радюк Павло Михайлович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Офіційний опонент – доктор
технічних наук, професор, завідувач
кафедри інформатики і
комп'ютерних наук Херсонського
національного технічного
університету Володимир ЛИТВИНЕНКО

Підпис Литвиненка В.І. засвідчую,
– Начальник відділу кадрів ХНТУ Марина. ТАНСЬКА

10 грудня 2021 р.