

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

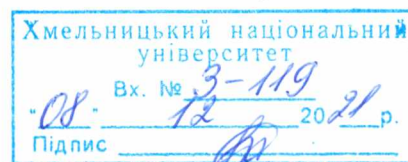
ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

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 та зв'язок із науковими планами та програмами.

На сьогодні медичне діагностування за допомогою рентгенологічного випромінювання вважається ефективним засобом до виявлення вірусного пневмонічного запалення. Проте обмежена колірна гамма медичних зображень, що утворюються внаслідок випромінювання, стоїть на заваді точному діагнозу, оскільки візуальний перехід від легеневої тканини, що заповнений повітрям і відповідає нормальному стану легень, до щільних ділянок легень із пневмонічною рідиною розмивається і стає мало помітним. Легені пацієнта мають бути заповнені значною кількістю рідини, щоби правильно і вірогідно встановити наявність пневмонічного запалення. Такий підхід успішно справляється з діагностуванням пневмонії на пізніх стадіях. Проте слабо виражені ознаки раннього захворювання легень важко піддаються виявленню, і тому процес діагностування за таких умов значно ускладнюється.

Значним недоліком раннього діагностування пневмонії є людський чинник. Фахівці-радіологи мусять мати достатньо навчені очі, щоби розрізнити неоднорідний колірний розподіл повітря в легенях, та мати широкий багаторічний



досвід клінічного лікування. Радіологу дуже 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. Отже, з огляду на гостру проблему ідентифікації вірусної пневмонії за медичними зображеннями грудної клітини, актуальним видається застосування обчислювальних методів комп'ютерного зору та машинного навчання до діагностування пневмонії.

Потреба в автоматизації процесу діагностування вірусного пневмонічного запалення за медичними зображеннями грудної клітини, а також брак інформаційної технології раннього діагностування пневмонії створюють актуальну науково-прикладну задачу, а дисертаційна робота Радюка Павла Михайловича, що присвячена розробленню інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних зображень грудної клітини, є актуальною та важливою для забезпечення успішності діагностування й лікування легеневих захворювань.

Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки й техніки на період до 2021 року, що визначені Верховною Радою України.

Актуальність проблеми та важливість отриманих результатів підтверджується їх використанням під час виконання держбюджетних тем і впровадженням на підприємствах, які займаються розробленням програмного забезпечення та комп'ютерних систем. Так, дослідження, результати яких викладено в дисертації, проведено в рамках виконання двох держбюджетних тем № 2Б-2016 “Розробка теорії та практики автоматичного зрівноваження обертових тіл рідинними і сипкими матеріалами без підведення енергії та керування рухом” (№ держреєстрації 0116U001547) та № 1Б-2021 “Самоорганізована розподілена система виявлення зловмисного програмного забезпечення в комп'ютерних мережах” (№ держреєстрації 0121U109936) у Хмельницькому національному університеті, в яких здобувач був безпосереднім виконавцем окремих розділів.

2. Аналіз змісту дисертації. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Дисертація Радюка Павла є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить анотацію, зміст, перелік умовних скорочень, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

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

Перший розділ дисертаційної роботи присвячено аналізу відомих моделей, методів та засобів цифрового медичного діагностування пневмонії за медичними зображеннями грудної клітини людини. У результаті проведеного аналізу джерел дисертантом було зроблено обґрунтований висновок, що задача автоматизованого діагностування вірусного пневмонічного запалення за медичними зображеннями грудної клітини наразі не розв'язана. Загалом автором проведено ґрунтовний аналіз предметної галузі, а обґрунтування актуальності вирішуваної науково-прикладної задачі виконано ретельно та всебічно. Матеріал першого розділу висвітлено повно.

Другий розділ дисертації присвячений моделюванню процесу діагностування 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 удосконалено метод візуального подання результатів для пояснення результатів ідентифікації захворювання легень. Матеріал другого розділу висвітлено повно.

У *третьому розділі* розроблено інформаційну технологію раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі для ідентифікації захворювання легень за медичними зображеннями грудної клітини. Автором розроблено структуру та реалізовано інформаційну технологію, що призначена для перетворення вхідної інформації поданої у вигляді цифрового медичного зображення в діагноз, що подається як оцінка стану захворювання людини. Перевагою запропонованої дисертантом інформаційної технології є візуальне подання результатів діагностування, що дає змогу медичним фахівцям інтерпретувати виявлення ознак захворювання на медичному зображенні. Матеріал третього розділу висвітлено повно.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячено експериментальному тестуванню розробленої інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за різними наборами даних медичних зображень легень. У розділі подано

результати функціонування інформаційної технології, визначено її переваги та проаналізовано можливі недоліки під час впровадження інформаційної технології на практиці. Матеріал четвертого розділу висвітлено повно.

Висновки по дисертаційній роботі здобувачем 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 медичного діагностування та відбиває опрацювання автором значної кількості вітчизняних та іноземних 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 дисертаційної роботи Радюка Павла Михайловича достатньо обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, підкріплені успішною реалізацією інформаційної технології, ефективним практичним впровадженням результатів досліджень, яке продемонструвало збігання теоретичних досліджень із реальними результатами.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що сформульовані в дисертації, логічно випливають із результатів, отриманих за допомогою чіткого викладання із коректним використанням принципів системного аналізу та методології математичного моделювання. Розроблені дисертантом практичні рекомендації ґрунтуються на розробленому ним науково-методичному апараті.

Відзначаю, що наукові положення та рекомендації висновків до всіх розділів дисертаційної роботи (с. 60, с. 87-88, с. 113-114, с. 141-142) та загальних висновків до роботи (с. 143-145) сформульовано науково обґрунтовано й логічно за результатами аналізу та узагальнення відомих й отриманих у роботі результатів, теоретичних досліджень, а також експериментальної перевірки інформаційної технології раннього діагностування пневмонії.

3. Наукова новизна та теоретична цінність результатів.

Підтверджую, що *наукова новизна* одержаних результатів полягає в розробленні інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних зображень легень, яка забезпечує автоматизацію процесу раннього діагностування пневмонії та

підвищує точність і надійність ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях за медичними зображеннями грудної клітини людини.

До найбільш суттєвих і *науково нових результатів* дисертаційної роботи, на мою думку, можна віднести:

– *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; такий підхід забезпечив використання навченої нейронної мережі для прогнозування класів захворювання легень без перенавчання;

– *удосконалено* метод підбору квазіоптимальних гіперпараметрів нейромережевої моделі для ідентифікації пневмонії на ранніх стадіях за рентгенівськими зображеннями легень; удосконалення полягає у використанні в генетичному алгоритмі двох генів для формування набору квазіоптимальних гіперпараметрів згорткової нейронної мережі без зміни значень параметрів навчання та застосуванні нового алгоритму формування початкової популяції для створення наборів гіперпараметрів різного розміру; удосконалений метод підбору квазіоптимальних гіперпараметрів призначений для локалізації та виявлення розсіяних ознак пневмонічного запалення, що відповідають індивідуальним особливостям легень людини; удосконалення дало нагоду врахувати індивідуальні особливості легень, й отже, забезпечити високу точність ідентифікації захворювання легень;

– *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 змогу охопити всю область інтересу на зображенні та забезпечує виражену візуальну локалізацію аномальних зон на медичному зображенні; отримані в такий спосіб теплові карти на попередньо оброблених медичних зображеннях забезпечують ідентифікацію візуальних відмінностей в «пневмонічних» зонах зображення, й у такий спосіб, забезпечують зручний інтерфейс для інтерпретування результатів ідентифікації захворювання легень;

– *одержала подальшого розвитку* інформаційна технологія раннього діагностування пневмонії за індивідуальним підбором параметрів моделі класифікації медичних зображень легень, що на основі розробленої моделі згорткової нейронної мережі та удосконаленого методу підбору квазіоптимальних

гіперпараметрів нейронних мереж, а також із використанням удосконаленого методу візуального подання результатів медичного діагностування дає можливість ідентифікувати ранню пневмонію з високим показником точності та низьким рівнем обчислювальної складності.

4. Достовірність отриманих результатів і висновків.

Достовірність отриманих результатів у дисертаційній роботі Радюка Павла Михайловича забезпечується коректною постановкою задачі, мети та завдань дослідження, які розв'язуються послідовно та аргументовано. Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується відповідністю методології дослідження поставленій проблемі, повнотою розгляду на теоретичному та експериментальному рівнях об'єкта дослідження, застосуванням комплексу методів, що є адекватними предмету дослідження.

Достовірність й обґрунтованість результатів дисертації ґрунтуються на:

– використанні теоретико-множинних підходів, викладенні із коректним використанням принципів системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції тощо), методів математичної статистики та теорії ймовірності, методів інтелектуального аналізу даних та машинного навчання, методів чисельної оптимізації, евристичних методів оптимізації, методів верифікації гібридних моделей, імітаційного та комп'ютерного моделювання в процесі розроблення 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 візуального подання результатів ідентифікації захворювання легень;

– застосуванні загальних принципів створення інформаційних систем та систем підтримки прийняття рішень під час проєктування та реалізації інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за медичними зображеннями грудної клітини людини.

Отже, достовірність результатів і висновків, що наведені в дисертації здобувача, зумовлена обґрунтованістю припущень, результатами експериментальних досліджень, правильному аналізу отриманих результатів, а також їх успішній апробації на одинадцяти міжнародних та всеукраїнських науково-технічних та практичних конференціях.

5. Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в доведенні теоретичних положень дисертації до реалізації, рекомендацій та безпосередньому впровадженні на підприємстві. Застосування інформаційної технології раннього діагностування

пневмонії дало змогу виконувати ефективну ідентифікацію пневмонічного запалення за рентгенівськими зображеннями легень на малих обчислювальних пристроях; дало можливість враховувати індивідуальні особливості легень кожної людини на медичному зображенні; забезпечило користувачів простим та зрозумілим інтерфейсом для виявлення слабо виражених пневмонічних ознак ранньої стадії захворювання. Наведені автором результати експериментальних тестувань із використанням розробленого програмного забезпечення підтверджують достовірність наукових положень запропонованої інформаційної технології.

За результатами виконаних досліджень здобувачем розроблено методичне забезпечення, яке використане в навчальному процесі Хмельницького національного університету 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».

Розроблені в дисертації положення знайшли практичне застосування в роботі рентгенологічного відділення КП «Хмельницька міська лікарня», ТОВ «Науково-технічна фірма «Інфосервіс» та в навчальному процесі Хмельницького національного університету. 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.

6. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях.

Повний обсяг роботи становить 174 сторінки друкованого тексту, з них анотація – на 12 стор., зміст – на 3 стор., перелік умовних скорочень – на 2 стор., основний текст – на 127 стор., список зі 143 використаних джерел – на 18 стор., додатки – на 12 стор. Дисертація містить 45 рисунків та 7 таблиць. Дисертаційна робота має логічну структуру. Основні висновки й рекомендації логічно витікають із результатів, які наведено в розділах роботи.

Проведено перевірку дисертаційної роботи на наявність академічного плагіату програмним засобом «Unicheck». Рівень оригінальності за «Unicheck» склав 90,2%. Встановлено, що робота містить окремі збіги з власними

публікаціями, термінологією, посиланнями на літературу, а також загальноновживаними фразами. Водночас глибокий якісний аналіз дисертації виявив авторський стиль викладання матеріалу.

Особистий внесок здобувача полягає в розробленні моделі, методів, елементів інформаційної технології та інструментальних засобів, що забезпечують розв'язання актуальної науково-прикладної задачі раннього діагностування пневмонічного запалення. 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). Вимогам п.11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167 (зі змінами) відповідають усі 20 публікацій.

7. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

До недоліків дисертації варто віднести наступне:

1. У пункті 2.2.1 подано значення оператора Собеля, але не наведено математичного обґрунтування, як ці значення сприятимуть більш чіткому виділенню контурів на зображенні.

2. У роботі не проведено дослідження впливу окремих компонентів архітектури нейронної мережі на кінцевий результат; можливо інша архітектура дасть кращі значення статистичних показників?

3. На рис. 2.11, стор. 84, дисертантом вказані математичні позначення, які, утім варто докладніше розписати в тексті дисертації.

4. У роботі не вказано порівняння часу навчання розробленої нейромережевої моделі з аналогами (стор. 112, табл. 3.1), що може бути важливим для визначення ефективності моделі.

5. У розділі 4 доцільно було б провести тестування інформаційної технології за іншими медичними зображеннями, як от зображення комп'ютерної томографії, знімки МРТ тощо.

6. У дисертації кілька разів згадується про забезпечення розробленою інформаційною технологією індивідуального підходу до діагностування пневмонії, але у роботі цей підхід не формалізовано математичними співвідношеннями.

Однак зазначені зауваження не є принциповими, істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової та практичної цінності.

8. Висновки.

Подана до захисту дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати. У дисертації розв'язано актуальну науково-прикладну задачу автоматизації процесу раннього діагностування пневмонії та досягнуто підвищення точності та надійності ідентифікації пневмонічного запалення на ранніх стадіях шляхом розроблення інформаційної технології раннього діагностування пневмонії за медичними зображеннями грудної клітини людини.

Одержані наукові та практичні результати є значущими для галузей інформаційних технологій загалом та комп'ютерних наук зокрема. Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їхню новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертаційна робота 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 (із 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, професор кафедри робототехніки
та спеціалізованих комп'ютерних систем
Черкаського державного
технологічного університету


Свген ФЕДОРОВ
Підпис *Свген Федоров*
засвідчую
Відділ кадрів *Свген*