

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Надеран Марьям на тему: «ГІБРИДНА ЗГОРТКОВА МЕРЕЖА ДЛЯ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

### Актуальність теми дисертаційної роботи

В останні роки методи і алгоритми машинного навчання широко використовуються в медицині, що дозволяє пришвидшити, стандартизувати та автоматизувати процес діагностики захворювань людини – це позитивним чином впливає на якість медичних послуг. Автоматизовані системи медичного профілю особливо важливі для діагностики онкологічних захворювань, бо надають можливість отримати високоякісне і регулярне діагностування.

Дотепер виконано багато робіт по діагностиці пухлин молочної залози з використанням згорткових нейронних мереж з досить високою якістю класифікації. Детальний огляд цих робіт зроблено в першому розділі дисертації. Але в цих роботах основним критерієм є точність класифікації пухлин (precision) і не звертається увага на інший важливий показник класифікації – чутливість (recall), який характеризує якість класифікації саме злоякісних пухлин (та мінімізує помилку першого роду – хибно негативну) при діагностиці.

Крім того, в відомих роботах в згорткових мережах використовується велика вимірність, що призводить до довго тривалого часу навчання.

Тому метою дисертаційного дослідження є розробка нової архітектури гібридної згорткової мережі та моделі класифікації для підвищення якості розпізнавання раку молочної залози і зниження часу на її навчання.

Основними завданнями дисертації стали такі:

1. Аналіз існуючих робіт класифікації пухлин молочної залози з використанням згорткових нейромереж та аналіз їх недоліків.

2. Розробка методів оброблення медичних зображень таких, як перетворення колірного простору, стандартизація, скорочення розмірів і т. п.

3. Розробка нової структури згорткової мережі – гібридної мережі, що складається з автоенкодера для попередньої обробки медичних зображень та зменшення їх вимірності, двох згорткових шарів і повнозв'язаного шару нейронної мережі для остаточної обробки зображень та їх класифікації.

4. Розробка алгоритмів навчання гібридної згорткової мережі для класифікації пухлин молочної залози.

5. Дослідження різних способів організації перехресної валідації (k-fold validation) гібридної згорткової мережі та визначення оптимального значення k для розбиття вибірки на навчальну та перевіірочну.

6. Проведення експериментальних досліджень розробленої гібридної згорткової мережі, оцінка її ефективності класифікації і часу навчання та порівняльний аналіз з відомими згортковими мережами в задачах класифікації пухлин молочної залози.

Зазвичай, існуючі роботи не розглядають час навчання та значення хибнонегативної помилки (англ. FN) під час навчання моделі. Однак, хоча авторка у своєму дослідженні розглядає обидві проблеми, чутливість запропонованої моделі вища, ніж у рецензованих роботах при меншому часі навчання. Все це зумовлює актуальність створення систем автоматичної медичної комп'ютерної діагностики.

### **Основні наукові результати, їх новизна і достовірність**

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в такому:

1. Вперше запропоновано модель, яка на відміну від існуючих моделей дозволяє діагностування раку молочної залози за мінімальний час у порівнянні з відомими методами.

2. Розроблено нову гібридну згорткову мережу на основі автоенкодера, яка дозволяє підвищити якість класифікації раку молочної залози і, зокрема, досягти мінімального відсотка помилково негативної помилки в порівнянні з відомими роботами в задачах класифікації раку молочної залози.

3. Проведено модифікацію архітектури моделі Inception V3 шляхом розширення кількості повнозв'язаних шарів.

4. Визначено оптимальний спосіб перехресної валідації під час навчання для даної задачі шляхом знаходження оптимального значення  $k$  розбиття вибірки ( $k$ -fold validation).

### **Оцінка обґрунтованості наукових положень дисертації, їх достовірності та новизни**

Наукова обґрунтованість і достовірність викладених у роботі результатів забезпечується коректністю вибору наукових підходів, використанням сучасних засобів і методик проведення досліджень, результатами експериментальних досліджень та порівнянням з відомими роботами.

Результати підтверджуються апробацією на науково-технічних конференціях різних рівнів, впроваджені у НДР за темою "Розроблення та дослідження методів обробки, розпізнавання, захисту та зберігання медичних зображень в розподілених комп'ютерних системах" за номером держреєстрації 0117U004267 (тема №2021п, код КВНТД І.1 01.05.02), що виконувалася в 2017-2019 роках на кафедрі математичних методів системного аналізу Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», а також в НДР за темою «Математичні та програмні методи оброблення мультимодальних даних моніторингу медико-біологічних об'єктів для діагностики стану здоров'я пацієнтів», яка виконується в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (тема № 2304) в період 2020-2022рр.

## **Оцінка змісту дисертації та її завершеність**

Дисертаційна робота здобувача Надеран М. за своїм змістом та поданими результатами повністю відповідає паспорту спеціальності 122 «Комп'ютерна наука» галузі знань 12 «Інформаційні технології». У цілому, науковий рівень рецензованої роботи дозволяє надати виключно позитивну оцінку змісту і результатам дисертації, визнати її завершеною науковою працею і свідчить про особистий внесок здобувача у науковий напрям, пов'язаний з розробкою моделей та методів побудови згорткових та рекурентних нейронних мереж для автоматичної системи комп'ютерної діагностики.

## **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційну роботу написано державною мовою, стиль викладення матеріалу – науковий, що забезпечує доступність сприйняття та використання. Матеріал дисертації викладені у логічній послідовності відповідно до поставленої мети і сформульованих задач досліджень.

## **Опублікування результатів дисертаційної роботи**

Результати теоретичних та експериментальних досліджень відображено у 8 роботах, із яких 3 статті у журналах та збірниках наукових праць, що входять до переліку фахових видань, затверджених МОН України, одна – в періодичному науковому виданні іншої держав, що входить до Scopus. Також, 4 статті опубліковані у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

## **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

По дисертації можна зробити наступні зауваження.

1. Для скорочення вимірності зображень, що обробляються згортковою нейромережею, авторка запропонувала використати на його вході згортковий автоенкодер і обрала певну його структуру, що складається з 18 шарів. Але чому обрана саме така структура в роботі не обґрунтовано і досліджень раціональної структури не проводиться.
2. В дисертації розглядається задача бінарної класифікації пухлин на доброякісні та злоякісні. Разом з тим, зараз існує 4 типи доброякісних пухлин (benign tumor) та 4 типи злоякісних пухлин (malignant tumor). Тому більш цікавим та корисним для практики є мультикласова класифікація, в якій розглядаються конкретні типи пухлин. На жаль, така задача в дисертації не розглядається.
3. Для навчання згорткового автоенкодера авторка використовує в дисертації алгоритм Adam, для якого після порівняльних експериментів було обрано швидкість навчання 0.0001. Проте відомо, що найкращими для алгоритмів градієнтного типу є алгоритми зі послідовним зменшенням цього параметра зі зростанням кількості епох. Крім того, ефективним є також алгоритм з автоматичною

корекцією кроку навчання. Однак, на жаль, ці можливості покращання швидкості навчання в дисертації не використовуються.

4. В роботі мають місце описки, не зовсім вдалі терміни, наприклад:

- стор. 88: гібридний згортковий мереж (?);
- стор.126: оптимізувати сверточних мереж;
- стор. 113: *кількість наборів даних*, замість *розмір вибірки*;
- має місце деяка неузгодженість в термінології: так в одних місцях роботи автор використовує термін «гібридна згорткова мережа», а в інших (стор. 125) «модифікований конволюційний автоенкодер».

Констатуючи можна відмітити, що вказані зауваження не впливають на загальну безсумнівно позитивну оцінку дисертації

### **Висновок про дисертацію в цілому та її відповідність вимогам МОН України**

Зміст дисертації Надеран Марьям яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії, повністю відповідає напрямку дослідження за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології» і відображає отримані автором теоретичні та прикладні результати, які в сукупності вирішують поставлену задачу діагностики раку молочної залози. Результати, які наведено в роботі, отримано автором особисто.

Дисертаційна робота Надеран Марьям розширює та удосконалює методи глибинного навчання для задачі побудови системи автоматичної медичної комп'ютерної діагностики. Вважаю, що використання та розвиток таких підходів у медичному домені, зокрема для діагностики раку молочної залози, є актуальним та перспективним напрямом дослідження, а останні досягнення методів глибинного навчання в задачах комп'ютерного зору підтверджують це.

### **Загальний висновок**

Вважаю, що дисертаційна робота Надеран Марьям «Гібридна згорткова мережа для обробки зображень та медичної діагностики» виконана на високому рівні, виконана самостійно та є завершеним науковим дослідженням. Робота відповідає всім вимогам наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», а здобувач заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії.

#### **Офіційний опонент:**

Завідувач відділу Інституту

кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН

України,

член-кор. НАН України,

доктор технічних наук



Леонід ГУЛЯНИЦЬКИЙ

“ 22 ” жовтня 2024 р.