

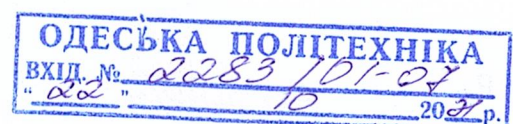
ВІДГУК
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА
МАШТАЛІРА ВОЛОДИМИРА ПЕТРОВИЧА,

доктора технічних наук,
професора кафедри інформатики
Харківського Національного Університету Радіоелектроніки
на дисертаційну роботу Тимченко Бориса Ігоровича на тему
«Нейромережеві методи аналізу планарних зображень в системах
автоматизованого скринінгу»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки
галузь знань 12 – Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню науково-практичної задачі підвищення достовірності класифікації та сегментації в задачах аналізу планарних зображень для систем автоматизованого скринінгу шляхом удосконалення моделей нейронних мереж та методів їх багатозадачного навчання, особливо за умови частково-помилково анотованих даних навчальної вибірки.

Показано, що ефективність роботи систем автоматизованого скринінгу безпосередньо залежить від достовірності класифікації та сегментації зображень. Також, показано, що не менш важливим фактором, що впливає на ефективність скринінгових систем є витрати часу на реалізацію процесу навчання, що в свою чергу пов'язано з якістю попередньо створених навчальних вибірок даних. Але, в задачах скринінгу, отримання достатньої кількості даних та проведення якісного анотування професіоналами є, як правило, затратним, а іноді неможливим через малу кількість та різний вигляд навчальних прикладів, суб'єктивність під час формування анотацій в наборах даних. Ці фактори негативно впливають на достовірність класифікації та сегментації при навчанні глибоких нейронних мереж стандартними методами.



Тому розробка методів підвищення достовірності класифікації та сегментації планарних зображень для систем автоматизованого є актуальною задачею.

Дисертаційна робота Тимченка Бориса Ігоровича виконана відповідно до планів наукової і науково-технічної діяльності Одеського Національного Політехнічного Університету в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Моделі, методи та інструментальні засоби підтримки прийняття рішень з підвищення ефективності гідроаеродинамічних процесів в діючому енергетичному обладнанні» (№ ДР 0115U000413); «Дослідження інформаційних сховищ як моделей предметних областей в системах підтримки прийняття рішень» (№ ДР 0104U002401); «Інноваційна інтелектуальна інформаційна технологія аналізу та синтезу енергоефективних гідроаеродинамічних елементів та систем» (№ ДР 0121O111720).

2. Структура та обсяг дисертації

У вступі наведена загальна характеристика роботи, а саме: її актуальність, поставлені мета й задачі досліджень, представлені методи досліджень, вказані новизна і практичне значення отриманих результатів, сформульовані основні положення, що виносяться на захист, наведені відомості про апробацію, публікації та реалізацію результатів дослідження.

У першому розділі проаналізовано існуючі системи автоматизованого скринінгу в предметних областях медицини, метеорології та віддаленого зондування та особливості їх функціонування. Показано, що ефективність роботи таких систем безпосередньо залежить від достовірності класифікації та сегментації зображень, оскільки хибно-позитивні результати можуть призвести до передчасного реагування, а хибно-негативні результати - до пропуску наявних проблем та пізнього реагування. В задачах скринінгу, отримання достатньої кількості даних та проведення якісного анотування професіоналами є, як правило, затратним, а іноді неможливим через малу кількість та різний вигляд навчальних прикладів, суб'єктивність під час формування анотацій в наборах даних. Показано, що в таких умовах доцільне використання глибинних

нейронних мереж, через можливість автоматизації процесу навчання та застосування методів багатозадачного навчання, які підвищують достовірність класифікації та сегментації. Для усунення такого впливу запропоновано при побудові моделей класифікації та сегментації вирішити задачу навчання з урахуванням частково-помилкових анотацій.

Сформульовано мету та задачі дослідження.

У другому розділі запропоновано параметричну формалізацію моделі набору даних із частково-помилковими анотаціями, які характерні для реальних задач автоматизованого скринінгу та на її основі розроблено метод генерації наборів даних для забезпечення можливості тестування нейронних мереж при навчанні з використанням частково-помилкових анотацій.

Запропоновано використання модельних наборів даних для оцінки достовірності моделей та методів навчання глибинних нейронних мереж. Такі набори даних дають можливість проводити навчання та тестування в контрольованих умовах шляхом штучного додавання помилок до анотацій навчальної вибірки даних (як правило, тестова вибірка залишається з достовірними анотаціями). Модель набору даних з частково-помилковими анотаціями становить перший пункт наукової новизни.

Запропоновано метод генерації наборів даних із частково-помилковими анотаціями на основі параметричної моделі, що за рахунок генерації анотацій: частково-помилкових для тренувальної вибірки та достовірних - для тестової, дало можливість виконувати тестування впливу рівня помилок анотацій на роботу нейромережових методів сегментації та класифікації. Метод дозволяє отримати безліч наборів даних із схожими характеристиками та використовувати непараметричні статистичні методи (бутстрепінг) для оцінки моделей в умовах відсутності реальних тренувальних даних. Метод становить другий пункт наукової новизни.

У третьому розділі розроблено модель нейронної мережі та метод багатозадачного навчання для одночасного підвищення достовірності класифікації та сегментації без зниження оперативності.

Для реалізації методів багатозадачного навчання, запропоновано удосконалити модель глибинних нейронної мережі з використанням архітектури енкодер-декодер введенням додаткового декодера з шаром нормалізації. Таким чином, вдосконалена модель складається з енкодера та двох декодерів (для задач сегментації та класифікації відповідно). Запропонована модель складає третій пункт наукової новизни.

Завдяки введенню до моделі додаткового декодера класифікації з шаром нормалізації, з'явилася можливість реалізації методів багатозадачного навчання глибинних нейронних мереж та передбачення результатів. Запропоновано метод багатозадачного навчання нейронних мереж в умовах частково-помилкових анотацій навчальних даних, який спирається на використання задач, пов'язаних з оригінальною.

Показано, що на основі анотацій для задачі сегментації можна створити більш якісні анотації для задачі класифікації. Для зменшення впливу помилкової частини анотацій сегментації запропоновано ввести обмеження другого роду (зверху) до функції втрат для задачі сегментації з менш якісними анотаціями даних. Це дозволило при навчанні на декількох задачах зменшити вплив градієнтів функції втрат на прикладах з помилковими анотаціями. Також, на основі моделі запропоновано метод багатозадачного передбачення результатів, що полягає у зважуванні вихідних карт сегментації нормованими виходами класифікації. Запропонований метод багатозадачного навчання та передбачення результатів на основі удосконаленої моделі згорткових нейронних мереж дозволив підвищити достовірність сегментації та класифікації в задачах автоматизованого скринінгу. Він складає четвертий пункт наукової новизни.

У четвертому розділі розроблені інструментальні засоби, що реалізують запропоновані рішення. Проведено випробування розробленого методу в рамках експериментів як на синтетичних даних, що були згенеровані за допомогою запропонованої моделі, а також експерименти в реальних задачах: скринінг діабетичної ретинопатії, скринінг меланом, та скринінг хмарних утворень.

За допомогою моделі протестовано запропоновані методи в різних умовах, виконаний аналіз внеску окремих компонентів та проведено аналіз стійкості запропонованого методу до різних рівнів помилок в анотаціях.

Інструментальні засоби розроблено мовою програмування Python з використанням фреймворку автоматичного диференціювання PyTorch. На основі розроблених інструментальних засобів створено ефективні програмні модулі, які інтегровано з “хмарними” сервісами для вирішення ресурсомістких задач навчання нейронних мереж, що забезпечує високу обчислювальну потужність та швидкість прогнозування в задачах автоматизованого скринінгу.

У загальних висновках викладено основні наукові та практичні результати виконаного дослідження, з якими можна погодитися.

У додатках представлено акти, довідки впровадження, фрагменти розробленого програмного забезпечення.

Анотація дисертації відображає її основні положення.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації роботи достатньою мірою обґрунтовані, оскільки базуються на аналізі сучасних та загальновизнаних літературних джерел в галузі аналізу зображень та великої кількості експериментальних досліджень. Такий підхід підтверджує достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій. Достовірність отриманих теоретичних результатів підтверджується їх узгодженістю з результатами проведених експериментів для різних прикладних завдань.

Крім того, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, даними комп’ютерних досліджень та практичними результатами, які підтверджуються наведеними актами впровадження, результатами практичного використання із позитивним ефектом.

Практична значимість розроблених моделей та методів підтверджується їх використанням в розроблених інструментальних засобах для вирішення

задач автоматизованого скринінгу. Результати дисертаційної роботи впроваджено: в програмний продукт SafetyRadar компанії VITech Lab, програмні продукти компанії ПЛАНЕТА ЮГ, а також в науково-дослідні роботи та навчальний процес кафедри Інформаційних систем Інституту Комп'ютерних систем Одеського Національного Політехнічного Університету.

4. Новизна наукових положень, висновків та рекомендацій

В роботі визначено ряд нових наукових результатів, які є значущими для підвищення достовірності класифікації та сегментації в задачах автоматизованого скринінгу:

1. вперше запропоновано параметричну формалізацію моделі набору даних із частково-помилковими анотаціями, які характерні для реальних задач автоматизованого скринінгу, що дозволило розробити метод генерації навчальних, тестових та валідаційних наборів даних;
2. удосконалено метод генерації наборів даних на основі параметричної моделі, що за рахунок генерації анотацій: частково-помилкових для тренувальної вибірки та достовірних - для тестової, що дало можливість підвищити ефективність тестування нейромережових методів сегментації та класифікації в задачах автоматизованого скринінгу;
3. удосконалено модель згорткової нейронної мережі шляхом додавання додаткового декодера класифікації з шаром нормалізації, що дало змогу побудувати методи багатозадачного навчання та передбачення результатів нейронної мережі, що дозволило вирішити задачі сегментації та класифікації одночасно;
4. удосконалено методи багатозадачного навчання та передбачення на основі удосконаленої моделі згорткових нейронних мереж шляхом об'єднання класифікації та сегментації і введення обмеження другого роду (зверху) при обчисленні функції втрат сегментації, що дозволило підвищити достовірність сегментації та класифікації в задачах автоматизованого скринінгу.

Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Запропоновані автором рішення доцільно використовувати в процесі розробки систем автоматизованого скринінгу різного призначення, а також в навчальних цілях при викладанні дисциплін пов'язаних з нейромережевими моделями та методами.

5. Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутність порушення академічної доброчесності

Основні положення і практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на таких конференціях: міжнародній науковій конференції з методів розпізнавання патернів “ICPRAM-2020” (м. Валетта, Мальта, 2020), українсько-німецьких науково-практичних конференціях “Інформатика. Культура. Техніка”: ІКТ-2016, ІКТ-2018 (м. Одеса), міжнародних студентських конференціях “Сучасні інформаційні технології”: СІТ-2017, СІТ-2018 (м. Одеса). Основні результати дисертаційної роботи викладено в 13 публікаціях, з них: 8 статей у наукових фахових періодичних виданнях України з технічних наук, 1 стаття у зарубіжному науковому періодичному виданні з напрямку, з якого підготовлено дисертацію, що індексується наукометричною базою SCOPUS, 4 публікацій у працях і матеріалах наукових конференцій.

Таким чином, вимоги Постанови КМУ від 06.03.2019 № 167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» зі змінами згідно Постанови КМУ від 09.06.2021 №608 до кількості публікацій виконано.

Публікація автором результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. В цілому у дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

6. Зауваження згідно змісту та оформлення дисертаційної роботи

1. Перший розділ значно перевантажено аналізом архітектур глибоких нейронних мереж, але відсутні узагальнення та переваги над класичними методами класифікації та сегментації.

2. Не в повній мірі розглянуті та не обґрунтовані вибрані методи оцінки якості результатів. Наприклад, для оцінки моделей передбачень автор не розглядає метрики AUC ROC та Каппа Коена, що часто використовуються в задачах класифікації.

3. При створенні моделі набору даних з частково-помилковими анотаціями не розглянуто можливі морфологічні операції для внесення помилок до анотацій.

4. При введенні обмеження функції втрат, автор не розглядає обмеження градієнтів як альтернативного методу, що є прийнятою інженерною практикою.

5. В рівнянні 3.7 автор вказує правило оновлення вагів для класичного стохастичного градієнтного спуску, але не вказує правил для адаптивних методів, таких як Adam.

6. В експериментах на синтетичних даних недостатньо обґрунтовано вибір моделей енкодера.

7. У роботі мають місце окремі стилістичні та синтаксичні неточності. Наведені зауваження не впливають суттєво на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи та не знижують науковий рівень і практичну цінність рецензованої дисертації.

Загальний висновок

В цілому вважаю, що дисертаційна робота Тимченко Бориса Ігоровича «Нейромережеві методи аналізу планарних зображень в системах автоматизованого скринінгу» є завершеною кваліфікаційною науковою роботою. Вона містить не захищені раніше наукові положення і нові науково обґрунтовані результати в галузі аналізу зображень. Результати дисертації можуть бути рекомендовані до використання в організаціях і науково-

дослідних установах, які розробляють інформаційні системи автоматизованого скринінгу.

Дисертаційна робота за своїм змістом відповідає вимогам Постанови КМУ від 06.03.2019 № 167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» зі змінами згідно Постанови КМУ від 09.06.2021 №608 та чинним вимогам МОН України, а її автор, Тимченко Борис Ігорович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю – 122 Комп'ютерні науки галузі знань – 12 Інформаційні технології.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
професор кафедри інформатики
Харківського національного
університету радіоелектроніки



В.П. Машталір

Підпис проф. Машталіра В.П.
Учений секретар



І.В.Магдаліна