

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента

Коваленко Світлани Миколаївни

на дисертаційну роботу

Конюхова Владислава Дмитровича

**«Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень
низької якості»,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 113 Прикладна математика

1. Актуальність теми дисертації

Вибір теми дисертації зумовлений підвищенням вимог до покращення точності та надійності автоматизованих систем сегментації зображень низької якості. У наш час автоматизовані системи сегментації зображень знайшли широке застосування в різних галузях, зокрема в автомобільній, космічній, медичній та інших індустріях. В деяких сферах точність обробки зображень є дуже важливим чинником, адже неточність може призвести до серйозних наслідків.

Попри постійне вдосконалення технічних засобів для отримання зображень, проблема низької якості зображень залишається актуальною. Не завжди це зумовлено обмеженнями апаратного забезпечення – проблема може полягати й у зовнішніх факторах. Серед таких чинників – погане або надмірне освітлення, рух обладнання під час зйомки, цифрові шуми тощо. У медичній сфері поширеним явищем є отримання зображень низької якості через зменшення дози випромінювання з метою безпеки пацієнта, що, в свою чергу, знижує якість зображення. Такі фактори значно погіршують ефективність використання існуючих методів обробки зображень, що, відповідно, зумовлює необхідність розробки нових алгоритмів для підвищення точності сегментації, особливо у випадку зображень низької якості.

Одним із підходів для вирішення такого роду задач є використання ансамблевих методів, що поєднують передбачення декількох моделей для досягнення більшої стійкості до шумів та дефектів і підвищення загальної точності сегментації. Також, завдяки комбінуванню ансамблевих алгоритмів та використанню багатоетапних алгоритмів сегментації можливо досягти покращення результатів сегментації зображень низької якості навіть при

значній наявності шуму або дефектів. Такі алгоритми можуть виконувати обробку зображень, як на локальному так і на глобальному рівнях, що дозволяє виділяти більш важливі деталі.

Таким чином, ансамблеві алгоритми, представлені в дисертаційній роботі є актуальними і мають наукове та практичне значення для покращення автоматизованих систем обробки зображень і комп'ютерного зору.

2. Структура та зміст дисертації

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Робота має логічну структуру, яка відповідає вимогам досліджень. Основний зміст роботи викладено у вступі, чотирьох розділах та підсумкових висновках.

У **вступі** висвітлюється актуальність обраної теми, зазначаються мета та завдання роботи, наукова новизна, практична цінність результатів, дисертант окреслює особистий внесок, а також приведено дані щодо апробації дослідження та структуру дисертації.

У **першому розділі** розглядаються класичні методи сегментації зображень. В цьому розділі виконується аналіз традиційних підходів до сегментації зображень – порогові методи, кластеризація k -середніх, алгоритм зростання регіонів, алгоритм вододілу, графові методи, а також методи машинного навчання. Виконується порівняльний аналіз точності усіх розглянутих методів на прикладі рентгенівського зображення.

У **другому розділі** розглядаються ансамблеві підходи у машинному навчанні. Основна увага приділяється двом алгоритмам, зокрема ансамблевому алгоритму усереднення з порогом та ансамблевому алгоритму об'єднання. Визначаються критерії оцінювання ефективності ансамблевих алгоритмів, що дозволяє проводити порівняння між використанням одиночних моделей та ансамблів.

У **третьому розділі** містяться основні результати роботи. Розглядаються запропоновані алгоритми, зокрема ансамблевий алгоритм усереднення форм об'єктів, алгоритми на основі центрування, комбінації ансамблевих алгоритмів, комбінування алгоритму адаптивного уточнення контуру об'єкта та ансамблевого алгоритму. Найбільше уваги приділяється багатоетапному ансамблюванню, що демонструє найкращий результат. Виконується порівняння ефективності запропонованих алгоритмів на двох наборах даних, що дає змогу оцінити вплив алгоритмів на різні типи даних.

У **четвертому розділі** представлено розроблене програмне рішення для автоматизованого визначення діагностичних параметрів хребців. Описано різні етапи його розробки, такі як, формування задачі, підготовка навчальних даних, процес навчання та реалізація додатку. Розроблене програмне забезпечення підтверджує практичне застосування створених алгоритмів у медичній сфері.

У **висновках** наведено основні результати дослідження, які підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

3. Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

1. Вперше запропоновано алгоритм адаптивного уточнення контуру на основі яскравості сусідніх пікселів з використанням ансамблевих методів.
2. Вперше запропоновано ансамблеві алгоритми на основі центрування.
3. Вперше запропоновано ансамблевий алгоритм усереднення форм об'єктів.
4. Вперше запропоновано комбінації ансамблевих алгоритмів із використанням алгоритму усереднення форм об'єктів, а саме комбінування алгоритму усереднення форм об'єктів та ансамблевого алгоритму об'єднання.
5. Вперше запропоновано використовувати різні ансамблеві алгоритми у двоетапному та багатоетапному підходах.

4. Практичне значення результатів, отриманих в дисертаційній роботі

Дисертантом було розроблено додаток на мові Python для визначення діагностичних параметрів хребців грудної клітини за допомогою ансамблевих алгоритмів.

Отримані результати дослідження були практично застосовані шляхом передачі їх до ТОВ «РАДІОПРОМ» (м. Харків) з метою впровадження розроблених методик, алгоритмічних рішень та програмних бібліотек, що містять авторські алгоритми. Факт передачі підтверджено відповідним актом. Також результати дисертаційної роботи інтегровані в освітній процес кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Зокрема, матеріали були використані під час проведення лекцій, лабораторних і практичних занять з дисциплін «Вступ до обробки даних» та «Обробка зображень і сигналів» для студентів 3 курсу бакалаврату, а також у курсах «Наближені методи розв'язання задач математичної фізики» і «Обробка даних фізичних експериментів» для магістрантів першого року навчання за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», що підтверджено відповідним актом.

5. Повнота викладення положень дисертації в опублікованих працях

Основні положення дисертації викладено у 9 наукових публікаціях. Серед них: одна стаття у журналі, що індексується в базі Scopus; дві статті у виданні, включеному до бази Web of Science; чотири статті, опубліковані у фахових

виданнях категорії Б; а також дві тези доповідей, що представлені на науково-практичних конференціях.

6. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У дослідженні використано лише два набори даних з відносно невеликою кількістю зображень. Залучення більшої кількості різнотипних наборів даних дозволило б краще оцінити універсальність та стійкість алгоритмів.

2. У дисертації не вистачає аналізу обчислювальної складності реалізованих методів, зокрема не розглянуто скільки часу та обчислювальної потужності займає робота алгоритмів. У зв'язку з цим постає питання доцільності застосування нейронних мереж у заданому контексті з огляду на можливі альтернативи, які можуть забезпечити співставну точність при менших обчислювальних витратах.

3. У роботі не приділено достатньо уваги попередній обробці зображень, що є важливим аспектом при роботі з реальними низькоякісними зображеннями та іноді приводить до спотворення результатів дослідження.

4. Не зрозуміло, чому в першому розділі аналіз ефективності алгоритмів проводиться за коефіцієнтом Жаккара, а в другому та третьому розділах – за допомогою індекса Дайса.

5. Наявні методологічні недоліки в побудові блок-схем алгоритмів. Зокрема, на рис. 1.4 відсутній процес ітерації по пікселях, без якого неможливо коректно відобразити циклічну структуру, а на рис. 3.4, навпаки, присутній нестандартний блок «кінець циклу». Це знижує читабельність і однозначність схем.

6. У процесі опису розробки та використання програмного забезпечення доцільним було б застосування підходів програмної інженерії, зокрема визначення функціональних та нефункціональних вимог до програмної системи, а також використання відповідних моделей візуалізації (в нотаціях UML або BPMN).

7. Не приділена достатня увага представленню результатів досліджень: в дисертаційній роботі присутні стилістичні, орфографічні і пунктуаційні помилки, відсутнє узгодження в іменуванні метрик, використанні розділювачів цілої та дробової частини дійсних чисел та форматуванні в різних розділах роботи.

Проте зазначені зауваження не впливають на високу позитивну характеристику дисертаційної роботи, не зменшують актуальність, наукову та практичну цінність дисертаційних досліджень.

7. Загальні висновки до дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Конюхова Владислава Дмитровича «Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості» є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на належному науково-теоретичному рівні з логічно та доступно викладеним матеріалом.

У дисертаційній роботі представлені інноваційні ансамблеві алгоритми, які дозволяють суттєво покращити якість сегментації зображень низької якості. Здійснено експериментальне тестування ефективності запропонованих алгоритмів на різних моделях нейронних мереж, що дає змогу визначити їх практичну доцільність для кожної конкретної нейронної мережі.

Вважаю, що подана до захисту дисертаційна робота Конюхова В. Д. відповідає вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, зокрема вимогам «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 12.01. 2022 р. (зі змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022 та Постановою Кабінету Міністрів України № 502 від 19.05.2023) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019), а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 – «Прикладна математика» у галузі знань 11 – «Математика і статистика».

Офіційний опонент:

Доцент кафедри програмної інженерії
та інтелектуальних технологій управління
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
кандидат технічних наук, доцент

« 11 » червня 2025 р.

Світлана КОВАЛЕНКО