

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора

Авруніна Олега Григоровича

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

Актуальність дисертаційної теми зумовлена зростаючим попитом на підвищення точності та надійності обробки низькоконтрастних зображень з накладеними різними шумовими складовими, які автор характеризує як зображення низької якості. Автоматизовані системи аналізу на сучасному етапі є основним елементом у різних сферах, починаючи від автономних транспортних засобів і закінчуючи високоточною діагностикою в біомедицині. В деяких важливих сферах застосування, зокрема у медицині, навіть невеликі похибки при аналізуванні зображення можуть мати серйозні наслідки.

Попри значний прогрес у сегментації зображень, проблема обробки зображень низької якості залишається невирішеною. Обмеження матриці, вплив зовнішніх та інших факторів є невід’ємною частиною реальних сценаріїв. Наявність таких факторів ускладнює доцільність використання алгоритмів обробки зображень, що в свою чергу вимагає розробки нових підходів для якісного аналізу зображень низької якості.

За допомогою використання ансамблевих методів можливо об’єднати передбачення різних моделей, а комбінування ансамблевих алгоритмів та багатоетапного алгоритму сегментації дає можливість покращити якість сегментації зображень, навіть коли зображення поганої якості. Такі підходи мають можливість здійснювати аналіз інформації на різних рівнях, як на локальному так і на глобальному.

Отже, дослідження ансамблевих алгоритмів машинного навчання для сегментації зображень низької якості, представлене в цій дисертаційній роботі, є своєчасним та має значний науково-практичний потенціал для покращення якості сегментації зображень.

2. Структура та зміст дисертації

Дисертаційне дослідження складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Основний зміст роботи викладено у вступі, чотирьох розділах та підсумкових висновках.

У **вступі** сформульовано наукову проблему та обґрунтовано актуальність обраної теми дисертації, визначено мету та завдання дослідження, окреслено елементи наукової новизни отриманих результатів, підкреслено їх практичну значущість, наведено особистий внесок здобувача та надано інформацію про апробацію ключових положень.

У **першому розділі** виконується огляд фундаментальних методів сегментації зображень. В цьому розділі здійснюється аналіз класичних методів, включаючи порогові методи, метод К-середніх, алгоритм зростання регіонів, алгоритм вододілу, графові методи, а також методи машинного навчання. Наведено порівняльну оцінку ефективності розглянутих підходів на прикладі рентгенографічного знімку.

У **другому розділі** фокус приділяється ансамблевим алгоритмам машинного навчання. Увага зосереджується на двох алгоритмах, а саме алгоритмі усереднення з порогом та алгоритмі об'єднання. Визначено критерії оцінки ефективності ансамблевих алгоритмів, що забезпечує можливість порівняння окремих моделей та ансамблів.

У **третьому розділі** представлені результати проведеного дослідження. Розглянуто розроблені дисертантом алгоритми, включаючи ансамблевий алгоритм усереднення форм об'єктів, алгоритми на основі центрування, комбінації ансамблевих алгоритмів, підхід, що поєднує алгоритм адаптивного уточнення контурів об'єктів з ансамблевим алгоритмом. Особлива увага приділяється розробці багатоетапного ансамблевого алгоритму, який продемонстрував найвищі результати. Проведено порівняльний аналіз ефективності запропонованих алгоритмів на двох наборах даних, що дозволило оцінити їхню здатність до узагальнення на різних типах даних.

У **четвертому розділі** описується розроблене програмне забезпечення, яке призначене для автоматизованого визначення діагностичних параметрів хребців. Детально розглядаються етапи розробки цього додатку, починаючи з формулювання задачі та підготовки навчальних даних, і завершуючи описом архітектури та функціональності розробленого застосунку. Розроблене програмне забезпечення підтверджує практичну цінність розроблених алгоритмічних рішень.

У **висновках** підсумовано основні результати виконаного наукового дослідження, підкреслено потенційну практичну значущість розроблених алгоритмів для сегментації зображень низької якості.

3. Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

1. Вперше запропоновано алгоритм адаптивного уточнення контуру на основі яскравості сусідніх пікселів з використанням ансамблевих методів, що дозволило підвищити достовірність визначення низькоконтрастних границь об'єктів.

2. 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, що дозволило підвищити достовірність сегментації об'єктів на низько контрастних зображеннях.

3. Запропоновано універсальний підхід до аналізу зображень на основі використання різних ансамблевих алгоритмів у двоетапному та багатоетапному методах, що дозволяє підвищити достовірність сегментації об'єктів на низько контрастних зображеннях.

4. Практичне значення отриманих результатів полягає:

в реалізації та впровадженні нових ансамблевих алгоритмів, спрямованих на покращення якості сегментації зображень низької якості.

Створено додаток на мові Python для визначення діагностичних параметрів хребців грудної клітини за допомогою ансамблевих алгоритмів, а саме наступних хребців: Th8, Th9, Th10, Th11.

Практична реалізація одержаних результатів полягає у передачі результатів досліджень ТОВ «РАДІОПРОМ» (м. Харків) для впровадження запропонованих методик, алгоритмів та бібліотек зі втіленими авторськими алгоритмами, що підтверджено відповідним актом. Результати роботи були впроваджені у навчальний процес кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна при проведенні лекційних, лабораторних та практичних занять з курсів «Вступ до обробки даних» і «Обробка зображень та сигналів» для студентів 3 курсу бакалаврату та «Наближені методи розв'язання задач математичної фізики» і «Обробка даних фізичних експерименті» для студентів 1 курсу магістратури спеціальності 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 науко метричній 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, які представлені на науково-технічних конференціях.

6. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Наукова новизна роботи сформульована великою кількістю положень, більшість з яких являють собою окремі ствердження без чіткої логічної вказівки на отримані результати та за рахунок чого вони отримані. Наукову новизну доцільно більш компактно сформулювати, наприклад, як в цьому відгуку.

2. Доцільно було б привести чіткі критерії визначення саме низькоякісних зображень та точності їх сегментації.

3. У роботі відсутнє порівняння запропонованих підходів з іншими алгоритмами, що передбачають попереднє очищення зображень від шуму, а потім застосовують алгоритми сегментації.

4. У дослідженні для побудови ансамблів використовуються декілька архітектур нейронних мереж. Проте не надано чіткого обґрунтування вибору саме цих нейронних мереж. Було б доцільно пояснити, чому перевагу надано саме цим архітектурам, а не іншим.

5. У роботі було б доцільно доповнити власні дослідження теоретичними обґрунтуваннями того, як використання ансамблів нейронних мереж сприяє зниженню впливу випадкових похибок та забезпечує вищу стійкість до нестабільності вхідних даних.

6. У роботі відсутні в достатній кількості наочні приклади того, як саме відбувається об'єднання результатів різних алгоритмів в ансамблі та як це впливає на кінцеву маску сегментації. Поетапна візуалізація могла б краще ілюструвати переваги ансамблевого підходу та зробити його дослідження більш наочним.

7. У роботі не достатньо обґрунтовані порівняльні характеристики при визначенні достовірної (точної) сегментації, зокрема, при відсутності еталонних зображень та методів прийняття рішень для зображень низької якості, що отримуються, зокрема, при медичній візуалізації.

8. Висновки не носять характеру рекомендацій, а лише констатують результати роботи без указування напрямків та перспектив подальших досліджень.

Проте зазначені зауваження не впливають на позитивне сприйняття роботи, але й не прикрашають її.

7. Загальні висновки до дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Конюхова Владислава Дмитровича “Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості” є

завершеною науково-дослідною роботою, вона має наукову новизну та практичну значимість.

У дисертаційній роботі запропоновано ансамблеві алгоритми, розроблені з метою покращення якості сегментації зображень низької якості. Практична значущість представлених алгоритмів була підтверджена результатами експериментального аналізу їхньої ефективності при використанні з різними нейронними мережами.

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:

Завідувач кафедри біомедичної інженерії

Харківського національного

університету радіоелектроніки,

доктор технічних наук, професор.



Олег АВРУНІН

М.П.

«09» 06 2025 року

Підпис Олега АВРУНІНА засвідчую

Учений секретар



Ірина ЖАРИКОВА