

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

Толстолюзької Олени Геннадіївни

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

Обґрунтування вибору теми дослідження

Актуальність обраної теми дисертації підтверджується необхідністю покращення якості сегментації зображень низької якості, оскільки в деяких сферах якість сегментації є критичним аспектом. Автоматична сегментація зображень набула широкого застосування, особливо в таких сферах, як автомобільна, промислова, медична та супутникова.

Системи сегментації зображень стикаються з такими викликами, як низька якість вхідних даних, спричинена наявністю шуму чи розмиття. Такі дефекти призводять до того, що автоматизовані системи не завжди здатні коректно розпізнавати об'єкти.

Одним із підходів, який дозволяє вирішити проблеми, пов'язані з наявністю дефектів на зображеннях, є використання ансамблів нейронних мереж. Вони дають змогу об'єднувати передбачення кількох моделей, що підвищує точність сегментації. Особливо перспективним є застосування багатоетапних ансамблевих алгоритмів, які здатні значною мірою покращувати точність розпізнавання, незважаючи на наявність шумів або артефактів. Завдяки поєднанню кількох алгоритмів можна виокремлювати необхідну інформацію на різних рівнях – як локальному, так і глобальному.

У зв'язку з цим дисертаційна робота Конюхова В. Д., спрямована на розробку нових та модернізацію вже існуючих ансамблевих алгоритмів для сегментації зображень низької якості, є актуальною науково-прикладною задачею.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Основна частина дисертації складається зі вступу, 4 розділів і висновків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, поставлена мета і задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичне значення роботи, зазначено особистий внесок здобувача, а також надано необхідні відомості щодо апробації та структури роботи.

У **першому розділі** виконується аналіз існуючих методів сегментації зображень. Основна увага в цьому розділі приділяється детальному аналізу та виявленню переваг та недоліків класичних методів сегментації, таких як порогові методи, метод К-середніх, алгоритм зростання регіонів, алгоритм вододілу, графові методи та сегментації зображень за допомогою машинного навчання. Також немаловажним є те, що в цьому розділі виконується порівняльний аналіз ефективності розглянутих методів використовуючи рентгенівське зображення. Досліджено особливості сегментації медичних зображень в порівнянні зі звичайними, що в свою чергу є важливим для розуміння суті проблеми. Виконаний аналіз показав, що використання ансамблевих методів машинного навчання є одним із перспективних шляхів покращення точності сегментації низькоякісних зображень.

У **другому розділі** акцент зосереджено на ансамблевих методах машинного навчання для сегментації зображень. В цьому розділі наведено основи використання різних ансамблевих методів. Розглянуто конкретні ансамблеві алгоритми, такі як ансамблевий алгоритм усереднення з порогом та ансамблевий алгоритм об'єднання. Також детально висвітлено методи оцінки ефективності ансамблевих алгоритмів, завдяки чому можливо порівняти точність ансамблевого підходу та використання нейронних мереж поокремо.

У **третьому розділі** зосередженні основні результати роботи здобувача в напрямку сегментації зображень низької якості за допомогою ансамблевих алгоритмів. Представлена значна кількість нових алгоритмів для покращення якості сегментації зображень низької якості. Розглядаються алгоритм усереднення форм об'єктів, алгоритми на основі центрування, комбіновані ансамблеві алгоритми, алгоритм адаптивного уточнення контуру на основі яскравості сусідніх пікселів з використанням ансамблевого алгоритму, а також використовуються ансамблеві алгоритми у двоетапному та багатоетапному алгоритмі. Всі запропоновані алгоритми підкріплені експериментальними дослідженнями на двох наборах даних, що дало змогу більш детально вивчити вплив цих алгоритмів на зображення різної якості. Для оцінювання алгоритмів було застосовано метрику DICE, яка дозволяє об'єктивно визначати ефективність запропонованих алгоритмів.

У **четвертому розділі** розроблено програмне забезпечення для отримання діагностичних параметрів хребців, за допомогою використання запропонованих

алгоритмів у третьому розділі. Детально описано процес постановки задачі, підготовки даних для навчання моделей, процес навчання моделей та реалізація програмного забезпечення. Розроблена автоматизована система отримання діагностичних параметрів хребців свідчить про практичну значущість дослідження та його подальшу можливість використання в медичній сфері.

Висновки стисло висвітлюють основні результати роботи та відображають їх відповідність змісту дисертації.

Список використаних джерел оформлено у відповідності до вимог, кількість посилань достатня, посилання дійсні, присутні номери DOI.

Додатки включають 2 акти впровадження, відгук на дисертацію та таблиці в яких наведено отримані результати.

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 алгоритмах.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертація Конюхова В.Д. характеризується системністю, послідовністю викладення матеріалу, чіткістю формулювань, обґрунтованістю основних висновків, рекомендацій та власної позиції. З аналізу дисертаційного тексту та змісту публікацій Конюхова В.Д. випливає, що отримані результати належать до науково обґрунтованих і достовірних. Вони відповідають поставленим меті та завданням дослідження. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів і висновків підтверджуються широкою апробацією та публікаціями в наукових виданнях.

Структурно дисертація побудована правильно, стиль подання матеріалу забезпечує його однозначне трактування. Отримані в роботі наукові результати в сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну задачу розробки нових та модернізації вже існуючих ансамблевих алгоритмів для сегментації зображень низької якості.

Апробація та публікації.

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, представлені на науково-технічних конференціях.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність.

Дисертаційна робота Конюхова Владислава Дмитровича відповідає всім необхідним вимогам щодо її оформлення, структури та змісту, як це передбачено в «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Під час ретельного аналізу дисертаційної роботи, її посилань, а також статей, авторських матеріалів, та проведення перевірки на оригінальність у системі Strikeplagiarism.com, було виявлено, що дисертація була виконана із зазначенням усіх необхідних аспектів самостійності. Текст дисертації не містить плагіату, а отримані результати відповідають стандартам наукової доброчесності. Всі сформульовані в роботі положення і висновки обґрунтовано на основі власних досліджень. Зроблено посилання на наукові праці здобувача, наведені в анотації. Перелік цих праць також міститься у списку використаних джерел. Усі публікації здобувача пов'язані з темою дисертації та розкривають її зміст.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Результати дисертаційного дослідження, присвячені розробці нових та модернізації вже існуючих ансамблевих алгоритмів для сегментації зображень низької якості є значущим внеском у науку.

У роботі запропоновано нові ансамблеві алгоритми, які дозволяють значно покращити якість сегментації зображень низької якості. Виконано детальне експериментальне дослідження ефективності запропонованих алгоритмів на різних моделях нейронних мереж, що дає змогу оцінити практичну значущість запропонованих алгоритмів для кожної нейронної мережі.

Дисертація містить нові ансамблеві алгоритми, їхню математичну формалізацію, а також результати експериментальних досліджень, що в свою чергу вносить суттєвий вклад в науку і має практичне значення.

Для визначення діагностичних параметрів хребців грудної клітини за допомогою ансамблевих алгоритмів автором було розроблено додаток мовою програмування Python.

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 експериментів» для студентів 1 курсу магістратури спеціальності 105 - «Прикладна фізика та наноматеріали», що підтверджено відповідним актом.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності.

Дисертація Конюхова В.Д. є завершеною науковою працею, яка має чітку структуру, логічну послідовність, у якій вирішено завдання розробки нових та модернізації вже існуючих ансамблевих алгоритмів для сегментації зображень низької якості.

Результати досліджень повністю висвітлені в наукових публікаціях, матеріалах конференцій та відображені в змісті дисертації.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи.

1. У роботі доцільно було б провести всебічний аналіз всіх класичних методів сегментації зображень.

2. Використання ансамблевих методів збільшує обчислювальну складність, що може бути критичним фактором для впровадження у мобільні або ресурсозалежні системи.

3. Відсутній аналіз часу виконання алгоритмів та їх порівняння за швидкодією, що важливо для реального застосування.

4. Не досліджено вплив розміру вхідних зображень на час виконання ансамблевих методів, що може бути суттєвим для обробки великих обсягів даних.

5. Використано обмежений набір метрик для оцінки якості сегментації, що не дозволяє повною мірою оцінити ефективність алгоритмів.

6. Не досліджено можливості адаптації ансамблевих методів для роботи з зображеннями ще нижчої якості.

Наведенні міркування мають характер наукової дискусії і не впливають на позитивну оцінку дисертаційного дослідження Конюхова В.Д. Робота є цілісною та завершеною.

Загальні висновки до дисертаційної роботи

Дисертація Конюхова Владислава Дмитровича є завершеною науково-дослідною роботою, має наукову новизну та практичну значимість. Зміст повністю відображає основні наукові положення дисертації. Дисертація оформлена відповідно до чинних вимог, написана науковим стилем і літературною українською мовою.

Дисертаційна робота Конюхова Владислава Дмитровича “Ансамблеві алгоритми машинного навчання для сегментації зображень низької якості” за актуальністю, змістом та повнотою викладу її результатів у публікаціях здобувача, обсягом і якістю оформлення відповідає спеціальності 113 – “Прикладна математика” у галузі знань 11 – “Математика і статистика”, 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).

Вважаю, що Конюхов Владислав Дмитрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 11 – “Математика і статистика” за спеціальністю 113 – “Прикладна математика”.

Офіційний опонент:

Професор кафедри комп’ютерних

систем та робототехніки

Харківського національного університету

імені В. Н. Каразіна,

д.т.н, с.н.с.

Олена ТОЛСТОЛУЗЬКА