

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Охріменка Антона Олександровича

на тему «**Моделі глибинного навчання на складних для розпізнавання  
наборах даних**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань **11 – «Математика та статистика»**

за спеціальністю **113 – «Прикладна математика»**

### **Актуальність теми дисертації.**

Методи глибинного навчання достатньо широко використовуються у більшості сучасних інформаційних систем, призначених для аналізу зображень, тексту, та інших категорій структурованих даних. Водночас ефективність цих методів суттєво залежить від даних, які були використані для навчання моделей. Більш якісні, повні та збалансовані набори навчальних даних забезпечують створення більш ефективних моделей глибинного навчання. Однак у багатьох галузях отримання таких ідеальних даних неможливе через вартість, обмеженість доступу або специфіку об'єктів спостереження. Для прикладу можна навести галузі аграрного моніторингу, дистанційного зондування та обробки біомедичних зображень, де незбалансованість даних є неминучою. Також варто зазначити, що значна частина публічно доступних даних має ліцензії, що забороняють їхнє використання з комерційною метою, що ще більше обмежує кількість доступних для навчання даних.

У цьому контексті особливої ваги набувають дослідження, спрямовані на розробку моделей глибинного навчання, здатних адекватно працювати зі складними для розпізнавання наборами даних. До можливих складнощів відносяться не лише дисбаланс класів, а й сильне перекриття класових ознак, помилки у розмітці, викиди, шумові впливи тощо.

У дисертаційній роботі Охріменка А.О. запропоновано комплексний підхід до навчання глибинних моделей на незбалансованих наборах даних із перекриттям класів у задачах семантичної сегментації, що, з огляду на вищесказане, робить тему дисертаційного дослідження актуальною.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше розроблено метод виявлення неоднозначних екземплярів даних, заснований на аналізі локального оточення у просторі ознак за допомогою KNN. Це дозволило виділити складні для класифікації дані та врахувати цю інформацію у процесі навчання.
2. Вперше введено метрику якості навчального набору даних, що враховує ступінь перекриття класів. Це дає змогу формально оцінювати властивості даних ще до початку навчання, а також використовувати цю інформацію для корегування навчання моделі.
3. Вдосконалено функцію втрат шляхом інтегрування вагових масок, згенерованих на основі оцінки надійності окремих пікселів. Це значно підвищило точність сегментації для малих і нечітко виражених класів, а також покращило метрики моделі в цілому.
4. Отримав подальший розвиток метод аугментації за допомогою генеративних змагальних мереж, адаптований до задач семантичної сегментації. Застосування GAN забезпечило розширення навчального набору даних за рахунок найменш представлених класів, що зменшило рівень незбалансованості класів. Це призвело до підвищення точності сегментації малочисельних класів.
5. Вперше поєднано метод вагових масок з GAN-аугментацією, що забезпечило помітне покращення точності моделі завдяки одночасній компенсації дисбалансу між класами та врахування надійності кожного окремого екземпляра даних.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Охріменка А. О. повністю відповідає предметній області та напрямкам досліджень зазначеним у освітньо-науковій програмі «Прикладна математика» за спеціальністю 113 Прикладна математика КІІ ім. І. Сікорського.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям методи машинного і глибокого навчання.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Охріменка Антона Олександровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

## **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Мова викладу є академічною, граматично коректною та стилістично виваженою. Текст подано з використанням загальноприйнятої математичної й технічної термінології. Структура логічна, кожен розділ має чітко окреслену мету і результати. Стиль викладу чіткий, послідовний, без зайвої описовості. Розділи доповнені графіками, таблицями, псевдокодом алгоритмів.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 118 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено її мету та основні задачі дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Представлено зв'язок теми з науковими програмами, зокрема у межах міжнародних проєктів «Horizon Europe» та НФДУ.

У першому розділі здійснено глибокий огляд літератури з акцентом на проблеми дисбалансу і перекриття класів у контексті класифікації та семантичної сегментації. Проведено критичний аналіз сучасних підходів, визначено їхні недоліки та обмеження, окреслено перспективні напрямки досліджень.

У другому розділі запропоновано метод виявлення складних для класифікації екземплярів даних на основі аналізу локального оточення у просторі ознак за допомогою алгоритму  $k$ -найближчих сусідів. Описано формальні критерії для визначення неоднозначності зразків, наведено приклади застосування алгоритму на штучно згенерованих даних.

У третьому розділі детально описано запропонований метод вагових масок, які використовуються для модифікації функції втрат з метою контролю впливу різних екземплярів даних на процес навчання відповідно до їхньої надійності. Наведено приклад застосування підходу для задачі семантичної сегментації супутникових знімків. Здійснено навчання моделей із використанням запропонованої методики та показано, що вона забезпечує зростання метрик без потреби у додаткових даних або зміні архітектури мережі.

У четвертому використано генеративні змагальні мережі для балансування навчального набору даних. Описано процес навчання умовних  $p$ -2- $p$  GAN, генерацію штучних зображень; реалізовано навчання моделей на комбінації штучних та згенерованих даних. Проведено порівняння з іншими методами аугментації, продемонстровано переваги GAN-аугментації. Окрему увагу приділено комбінуванню методу вагових масок із GAN-аугментацією, що забезпечило покращення метрик у порівнянні з використанням лише одного з методів.

У п'ятому розділі виконано адаптацію підходу до особливостей біомедичних даних, реалізовано чисельні експерименти з розширенням класів, що відповідають межах клітин. Модифіковано підхід з урахуванням просторових властивостей зображення. Результати підтвердили універсальність

розробленої методики. Також досліджено можливість післяопераційної корекції сегментаційних масок.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статей у виданнях, віднесених до першого – третього квартилів (Q1 – Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 1 одноосібний розділ у монографії, що рекомендована до друку Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського та пройшла рецензування.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Публікації мають високий науковий рівень, що є результатом самостійних досліджень здобувача і не містять елементів плагіату та запозичень. В усіх наукових публікаціях здобувача дотримано принципів академічної доброчесності. Особистий внесок здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих зі співавторами є вагомим.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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

Незважаючи на значну кількість переваг, дисертаційна робота має окремі недоліки:

1. У дослідженні використано обмежений набір архітектур глибоких нейронних мереж, зокрема U-Net та SegNet. Було б доцільно розширити експериментальну базу шляхом залучення більш складних архітектур.
2. У розділі 4 не надано обґрунтування вибору кількості ітерацій генерації даних за допомогою GAN, зокрема щодо доцільності саме дворазової генерації.
3. Було б доцільно доповнити аналіз результатів сегментації матрицями невідповідності (confusion matrix), що дозволило б кількісно ідентифікувати пари класів, які модель систематично помилково класифікує та покращити інтерпретацію отриманих результатів.
4. У тексті дисертації наявні окремі орфографічні та пунктуаційні помилки, деякі неточності.



Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Охріменка Антона Олександровича на тему «Моделі глибинного навчання на складних для розпізнавання наборах даних» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 11 – «Математика та статистика». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «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 від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Охріменко Антон Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 11 – «Математика та статистика» за спеціальністю 113 – «Прикладна математика».

### Офіційний опонент:

доцент кафедри кібернетики і  
прикладної математики  
Державного вищого  
навчального закладу  
“Ужгородський  
національний університет”,  
к.т.н., доц.

/  /  
(підпис)

Наталія КОНДРУК

« 06 » червня 20 25 року

