

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Баранова Миколи Вікторовича

**на тему: “Використання технік навчання нейронних мереж
на малому наборі даних для адаптації моделі”**

подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань

12 — Інформаційні технології за спеціальністю 122 — Комп’ютерні науки

1. Актуальність теми дисертаційної роботи. Протягом останніх років нейронні мережі стали потужним інструментом для розв’язання складних задач у різноманітних галузях, включаючи розпізнавання мови, обробку сигналів та комп’ютерний зір. Їхня здатність до узагальнення значних обсягів даних дозволяє знаходити рішення, які важко отримати традиційними методами машинного навчання. Важливість нейронних мереж у сучасному світі важко переоцінити, адже вони сприяють автоматизації рутинних процесів, оптимізації виробництва та підвищенню рівня безпеки, часто зі значним здешевленням. Крім того, інтелектуальний аналіз даних за допомогою нейронних мереж відкриває нові перспективи в наукових дослідженнях, допомагаючи виявляти неочевидні закономірності.

Однак ефективне навчання нейронних мереж вимагає наявності великих, розмічених наборів даних. Збір таких даних не завжди можливий через складність отримання інформації в певних сферах (наприклад, медичні зображення з обмеженим доступом) або для рідкісних подій (наприклад, унікальні природні явища). Крім того, навіть великі обсяги нерозмічених даних потребують значних зусиль для анотації, яка часто є трудомісткою та потребує залучення фахівців. Це підкреслює важливість розробки технологій навчання нейронних мереж в умовах обмеженої кількості даних.

З іншого боку, навіть маючи великі набори даних, немає гарантії побудови універсальної моделі. Якість роботи нейронних мереж значно знижується, якщо вхідні дані відрізняються від розподілу тренувальних даних. У багатьох задачах адаптація моделей до нової природи даних є критично важливою. На відміну від задач зі сталим набором класів, розпізнавання об’єктів, асортимент яких постійно змінюється, потребує безперервної адаптації моделей, що може бути ресурсовитратним.

Техніки навчання на малому наборі даних (Few-Shot Learning) пропонують підхід до побудови нейронних мереж, які можуть навчатися на основі лише кількох

прикладів. Це складний процес через підвищений ризик перенавчання при роботі з обмеженими даними, особливо враховуючи необхідність збереження здатності моделі до розв'язання складних задач.

За останні роки було розроблено ряд методів для навчання на малому наборі даних, включаючи переносне навчання, мета-навчання та інші. Проте проблема ефективного навчання та уникнення перенавчання залишається актуальною та потребує подальших досліджень. Існуючі підходи можна умовно розділити на методи, що фокусуються на ініціалізації моделі, та методи навчання на основі метрик. Незважаючи на різні стратегії, спільним викликом залишається запобігання перенавчанню на малих вибірках.

Розробка нових методів подолання перенавчання моделей, навчених на малих наборах даних, відкриває перспективи для застосування нейронних мереж в аналізі унікальних даних, що є важливим для науки та має значний практичний потенціал, зокрема в таких галузях, як медицина. Тому дослідження в цьому напрямку є безсумнівно актуальним.

2. Загальна характеристика роботи та отриманих у ній результатів.

Аналізуючи подані матеріали, можна відзначити наступне.

У першому розділі дисертації автор провів ретельний огляд сучасних методів навчання на малих вибірках. Систематизовано існуючі підходи, виділено їхні практичні застосування та окреслено ключові проблеми, що потребують подальшого вивчення. Зокрема, автор продемонстрував глибоке розуміння предметної області.

Другий розділ присвячено поглибленому аналізу проблеми навчання нейронних мереж за умов обмежених даних. Автор досліджує можливості підвищення якості моделей шляхом застосування ймовірнісного підходу до навчання. Детально розглянуто теоретичні аспекти запропонованого підходу та обґрунтовано його переваги при роботі з малими вибірками. Наведено переконливі приклади, що демонструють ефективність цього підходу. Також, автор обґрунтовує доцільність інтеграції цього підходу в архітектуру реляційних нейронних мереж. Особливу увагу приділено концепції нейронних мереж з розподіленими знаннями, що, як показано в роботі, забезпечує ефективну автоматичну кластеризацію інформації всередині моделі. На підставі проведеного аналізу автор робить висновок про перспективність поєднання ймовірнісного підходу з моделями, що оперують розподіленими знаннями, для задач багатокласової класифікації в умовах обмежених даних.

У третьому розділі представлено результати експериментальної перевірки запропонованих підходів. Автор провів серію експериментів на відкритому наборі астрономічних зображень, використовуючи різні обсяги тренувальної вибірки. Отримані результати підтверджують вищу ефективність ймовірнісного навчання порівняно з традиційними методами, особливо при малій кількості даних. Крім того, продемонстровано високу якість моделей з розподіленими знаннями, в порівнянні з якістю традиційних підходів. Найбільш значущим є те, що автор провів оцінку комбінованого підходу, поєднуючи ймовірнісне навчання з розподіленими знаннями. Експериментальні дані переконливо підтверджують доцільність такого поєднання, демонструючи значне покращення показників точності в задачах багатокласової класифікації на малих вибірках.

3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень і висновків дисертаційного дослідження. Дисертація демонструє належний рівень обґрунтованості висунутих наукових положень та сформульованих висновків. Цей факт зумовлений застосуванням апробованих наукових методів і підходів, чітким визначенням дослідницьких завдань, а також глибоким аналізом та інтерпретацією отриманих результатів. Підтвердженням достовірності й обґрунтованості представлених наукових здобутків є їхнє оприлюднення у фахових рецензованих виданнях, включно з тими, що входять до міжнародних наукометричних баз Web of Science та Scopus. Крім того, ключові аспекти дисертаційного дослідження були предметом обговорення на міжнародних наукових конференціях.

4. Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження. У представленій роботі здійснено вагомий внесок у розв'язання актуальної наукової проблеми, що полягає в навчанні нейронних мереж за умов обмежених обсягів тренувальних даних. Варто наголосити, що всі ключові результати дослідження є оригінальними. Зокрема, у дисертації вперше:

1. Побудовано архітектуру нейронної мережі з використанням ймовірнісної задачі тренування, здатну тренуватися в умовах обмеженого набору даних.

2. Розширено можливості реляційних моделей на прогнозування декількох змінних за один прямий прохід (forward pass) шляхом додавання деревовидної структури в останні класифікаційні шари.

3. Об'єднано стійку до невизначеностей та неузгодженостей модель з архітектурою, що використовує деревовидну структуру класифікаційних шарів.

4. Показано, що запропоновані архітектури моделей покращують результати попередніх відомих архітектур класичних нейронних мереж на базі функції активації softmax та аналогічних моделей з використанням ймовірнісного прогнозування.

5. Рівень виконання поставленого наукового завдання, оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності. Представлена дисертаційна робота є результатом самостійного, завершеного наукового пошуку. Автором проведено глибокий аналіз існуючого наукового доробку, що стало підґрунтям для формулювання чіткої мети, визначення ключових наукових завдань та окреслення шляхів їхньої реалізації. У процесі дослідження, завдяки отриманим оригінальним результатам, було згенеровано нові наукові ідеї, виявлено низку відкритих питань та окреслено багатообіцяючі напрями для майбутніх досліджень і потенційного практичного застосування розроблених підходів.

Основні наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, зосереджені в другому та третьому розділах.

У другому розділі представлено розробку трьох оригінальних архітектур нейронних мереж, кожна з яких спрямована на вирішення проблеми навчання в умовах обмежених даних. Розділ логічно поділено на три підрозділи, де послідовно обґрунтовано мотивацію, теоретичні засади та принципи побудови кожної з розроблених моделей.

Перша з запропонованих архітектур являє собою ймовірнісну модель, спеціально розроблену для ефективного навчання на малих вибірках даних. Друга модель використовує підхід розподілених знань на основі експертів, що дозволяє акумулювати та використовувати різномірну інформацію для покращення процесу навчання. Третя розроблена архітектура є гібридною та поєднує переваги ймовірнісного підходу з підходом розподілених знань. Ця комбінація спрямована на розв'язання задач багатокласової класифікації в умовах дефіциту навчальних даних.

У третьому розділі дисертаційної роботи здійснено практичну апробацію запропонованих нейромережових архітектур на загальнодоступному наборі даних. Експерименти проводилися з дотриманням загальноприйнятих стандартів у галузі навчання та тестування нейронних мереж. Отримані експериментальні результати представлені чітко та супроводжуються логічними поясненнями, що свідчить про

високий рівень кваліфікації дослідника та підтверджує достовірність сформульованих висновків.

Підсумовуючи, слід констатувати, що дисертаційна робота характеризується високим науковим рівнем. Представлені в ній оригінальні результати та обґрунтовані висновки мають значну цінність для наукової спільноти та відкривають нові перспективи для подальших досліджень у галузі аналізу та моделювання об'єктів, які були предметом розгляду в даній дисертації.

6. Повнота викладу сформульованих у дослідженні наукових положень, висновків і результатів в опублікованих працях. Результати проведеного дисертаційного дослідження знайшли своє відображення у наукових фахових публікаціях та були представлені на міжнародних наукових форумах. Зокрема, основні наукові здобутки дисертації оприлюднено у 7 статтях, серед яких 2 статті індексуються у міжнародній наукометричній базі Scopus.

7. Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи.

1. Побудова моделі з розподіленими знаннями включає в себе один додатковий шар в кінці для агрегування голосів усіх підмоделей. Це послаблює незалежність цих підмоделей, що може потенційно призвести до витоку знань. Проте ця проблема усунена у гібридній моделі з використанням ймовірнісного навчання.

2. Запропонований метод регуляризації бета-розподілу для тренування ймовірнісних моделей є чутливим до гіперпараметрів та викликає труднощі у практичному застосуванні з огляду на баланс між недонавчанням та перенавчанням нейронних мереж. Це питання потребує розкриття та може слугувати напрямком подальших досліджень.

3. У дисертаційній роботі представлено достатню кількість статистичних результатів та даних апробацій експериментів, але не наведено приклади роботи моделей на тестових даних. Ймовірно це пов'язано з обмеженням на обсяг дисертаційної роботи

Наведені вище зауваження дисертаційного дослідження не впливають на загальну оцінку роботи та її змісту та слугують більше порадами для подальших досліджень.

8. Відсутність порушень академічної доброчесності. Порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі та наукових працях М. В. Баранова не виявлено.

9. Заключна оцінка дисертаційної роботи. Дисертація Баранова Миколи Вікторовича, присвячена "Використанню технік навчання нейронних мереж на малому наборі даних для адаптації моделі", являє собою цілісне та самостійне наукове дослідження, що подається до захисту. Основні наукові положення дисертаційної роботи знайшли повне відображення в опублікованих автором наукових працях. Результати проведеного дослідження були належним чином представлені на міжнародних наукових конференціях.

Представлена дисертація Баранова М. В. відповідає 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 січня 2022 року (із змінами), актуальним вимогам до оформлення дисертації згідно з Наказом Міністерства освіти і науки України "Про затвердження Вимог до оформлення дисертації" № 40 від 12.01.2017 р., а її автор, Баранов Микола Вікторович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 "Інформаційні технології" за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки".

Рецензент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри кібербезпеки
Львівського національного університету
імені Івана Франка

Дмитро ПЕЛІШКО