

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора,

завідувача кафедри менеджменту

Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

Романенкова Юрія Олександровича

на дисертаційну роботу Смородіна Андрія Вячеславовича на тему

«МЕТОДИ НАВЧАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОЇ ДИНАМІКИ»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки,

галузь знань 12 – Інформаційні технології

Актуальність обраної теми

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі підвищення ефективності навчання глибинних нейронних мереж та є дуже актуальною.

Не викликає сумнівів затребуваність вирішення означеної проблеми при застосуванні нейромережових технологій у багатьох прикладних областях, де є потреба в обробці великих об'ємів даних. Однак існуючі обмеження та вимоги не дозволяють широко використовувати нейромережові технології. Для навчання та перенавчання нейронних мереж потрібні значні обчислювальні та енергетичні ресурси. Тому для підвищення їх впровадження та застосування необхідно розробляти нові ефективні методи оптимізації у навчанні нейронних мереж.

Дисертаційна робота Смородіна Андрія Вячеславовича виконана відповідно до планів наукової і науково-технічної діяльності Державного університету «Одеська політехніка», який є спадкоємцем Одеського Національного Політехнічного Університету, в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи: «Інноваційна інтелектуальна інформаційна



технологія аналізу та синтезу енергоефективних гідроаеродинамічних елементів та систем» (№ ДР 0121О111720).

Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

При вирішенні поставлених у дисертаційній роботі задач обґрунтованість використання методів нелінійної динаміки для навчання нейронних мереж підтверджується наявністю відповідних математичних теорій та їх узгодженістю з наявними роботами в області теорії оптимізації та навчання нейронних мереж.

Крім того, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджується даними експериментальних досліджень та практичними результатами.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, отриманих у дисертації, підтверджена результатами теоретичних та експериментальних досліджень, коректним застосуванням математичного апарату, сучасних методів наукового моделювання, а також впровадженням запропонованих рішень у системах інтелектуального аналізу даних.

Наукова новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертаційна робота вирішує актуальне наукове завдання, важливе для галузі навчання нейронних мереж. Можна погодитись, що вона містить раніше незахищені наукові положення та отримані автором нові науково обґрунтовані результати. А саме:

– *удосконалено* методи градієнтного спуску на основі положень нелінійної динаміки, що дозволило збільшити швидкість збіжності градієнтних алгоритмів оптимізації під час навчання нейронних мереж;

– *вперше розроблено* метод пошуку параметрів удосконалених методів градієнтного спуску на основі положень нелінійної динаміки на основі розв'язання оптимізаційних завдань на класі комплексних поліномів, що дозволило забезпечити ефективну реалізацію розроблених методів;

– *набули подальшого розвитку* методи навчання нейронних мереж на основі удосконалених методів градієнтного спуску, що дозволило зменшити час навчання нейронних мереж при вирішенні задач сегментації та класифікації.

Повнота викладу в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації, відсутність порушення академічної доброчесності

Основні положення і практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали схвалення на таких конференціях: An extremal problem for polynomials. Harmonic Analysis and Partial Differential Equations. (Canadian Mathematical Society, 2021), Extremal polynomials and geometric complex analysis. Algebraic and Geometric Methods of Analysis. International (Online Conference, м. Одеса, 2020), Методи прогнозного управління в задачах пошуку седлових точок и навчання нейронних мереж // Актуальні питання фізико-математичних та технічних наук: теоретичні та прикладні дослідження (Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 2021), Методи прогнозного управління для задач оптимізації. Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів та комп'ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці (III Всеукраїнська науково-практична онлайн-конференція, 2021), On a new family of extremal polynomials. The 35th annual Southeastern Analysis Meeting (University of Alabama 2019), An extremal problem for polynomials. CMS 75th +1 Anniversary Summer Meeting (Montreal 2021). Основні результати дисертаційної роботи викладено в 7 публікаціях, з них: 3 статті у наукових фахових періодичних виданнях України з технічних наук, 4 статті у

наукових періодичних виданнях з наряду, з якого підготовлено дисертацію, що індексується наукометричною базою SCOPUS, 6 публікацій у працях і матеріалах наукових конференцій, 4 препринти.

Таким чином, вимоги Постанови КМУ від 06.03.2019 № 167 «Про присудження ступеня доктора філософії» зі змінами згідно Постанови КМУ №979 від 21.10.2020 та від 09.06.2021 №608 до кількості публікацій виконано.

Публікація автором результатів досліджень у рецензованих виданнях, які передбачають попередню перевірку матеріалів на відсутність запозичень, є одним із елементів підтвердження відсутності порушень академічної доброчесності. В цілому у дисертаційній роботі порушень академічної доброчесності не виявлено.

Аналіз структури та змісту дисертаційної роботи

У вступі наведено загальну характеристику роботи, а саме: її актуальність, поставлені мета й задачі досліджень, представлені методи досліджень, вказані новизна і практичне значення отриманих результатів, сформульовані основні положення, що виносяться на захист, наведені відомості про апробацію, публікації та реалізацію результатів дослідження.

У першому розділі досліджено особливості застосування нейронних мереж для сегментації та класифікації об'єктів. Розглянуто різні архітектури глибоких мереж загального та спеціального призначення. Показано, що ускладнення нейронних мереж та збільшення їхньої глибини безпосередньо пов'язано зі збільшенням обсягу даних, необхідних у процесі навчання, а також часу на процес навчання.

В першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз існуючих проблем у задачах навчання нейронних мереж, аналіз методів оптимізації для їх навчання. Сформульовано мету та задачі дослідження.

У другому розділі розроблено метод пошуку параметрів для запропонованих модифікацій методів градієнтного спуску з використанням

зворотнього зв'язку із запізненням та прогнозуючого контролю для дискретних динамічних систем на основі вирішення трьох задач оптимізації в різних класах комплексних поліномів.

Розроблено алгоритм пошуку оптимальних параметрів.

У третьому розділі представлені методи навчання нейронних мереж на основі запропонованих модифікацій методу градієнтного спуску. Проведено їх дослідження для різних архітектур нейронних мереж.

Створено низку нових схем реалізації методу градієнтного спуску. Проведено їх тестування на прикладах тестових функцій, таких як функція Розенброка.

Проведено навчання багатошарового персептрона для розпізнавання рукописних цифр на базі бібліотеки PyTorch.

У четвертому розділі показано застосування методів ІАД для вирішення задачі сегментації панорамних рентгенівських знімків зубів. Серед побічних результатів які були одержані є удосконалення процесу генерації навчальних даних та оптимізація використання пам'яті GPU.

Показані великі перспективи дослідження для вирішення інших завдань ІАД, в основі яких знаходяться нейронні мережі та, як наслідок, великі обсяги даних.

У загальних висновках викладено основні наукові та практичні результати виконаного дослідження, з якими можна погодитися.

У додатках представлено довідки впровадження.

Анотація дисертації стисло відображає її основні положення.

Зауваження до дисертаційної роботи

В цілому дисертація і анотація до неї оформлені з дотриманням нормативних документів на оформлення результатів науково-дослідних робіт. Однак необхідно зауважити наступне:

1. В першому розділі доцільно було б більш конкретно описати базові положення нелінійної динаміки, які є основою побудови

оптимізаційних схем, та більш детально розглянути недоліки та переваги застосування різних градієнтних методів.

2. Наведені у другому розділі теореми мають загальний вигляд, але автор у подальшому використовує лише їх часткові випадки, тому доцільно було б після відповідної теореми формулювати слідство з неї, яке містило би результати, що використані у наступних розділах дисертації.

3. При аналізі ефективності вирішення задач розпізнавання на основі розроблених нейромережових рішень не наведені обґрунтовані дані щодо навчальної та тестової вибірок. Не пояснено, чому саме для оцінки ефективності вибрані такі критерії.

4. Доведення теорем наведено у дуже скороченому вигляді та, не зважаючи на коректні посилання на відповідні статті, доцільно було би продублювати ці доведення у додатку.

5. Було б доцільно привести фрагменти розробленого програмного забезпечення у додатку.

6. Зауваження до оформлення: для англійських аббревіатур, (таких як TPU, GRU та ін.), бажано було б навести українськомовні аналоги; у тексті дисертаційної роботи наявні граматичні помилки та лінгвістичні неточності.

Загальні висновки та оцінка дисертації

Перелічені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати дослідження та ніяким чином не зменшують наукову і практичну цінність роботи та позитивне враження від впровадження її результатів.

Дисертаційна робота, яка представлена на відгук, є закінченою кваліфікаційною науковою працею, яка містить раніше не захищені наукові положення і одержані автором нові науково обґрунтовані результати в області методів машинного навчання.

В підсумку з оглядом на актуальність проблеми, вклад автора в

теорію і практику машинного навчання, високий рівень виконаних досліджень та результати практичного впровадження вважаю, що дисертаційна робота Смородіна Андрія В'ячеславовича на тему «Методи навчання нейронних мереж на основі нелінійної динаміки» відповідає вимогам Тимчасового Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженому Кабінетом Міністрів України, №167 від 06.03.2019 зі змінами згідно Постанови КМУ №979 від 21.10.2020 та №609 від 09.06.2021 року та чинним вимогам МОН України, а її автор, А. В. Смородін, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю – 122 Комп'ютерні науки, галузь знань – 12 Інформаційні технології.

Офіційний опонент,

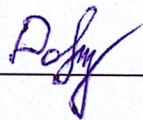
завідувач кафедри менеджменту

Національного аерокосмічного

університету ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

доктор технічних наук, професор



Юрій РОМАНЕНКОВ

Підпис проф. Романенкова Ю.О. засвідчую

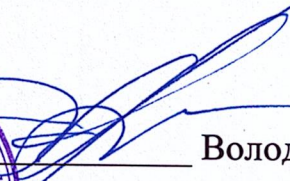
Проректор з наукової роботи

Національного аерокосмічного

університету ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

доктор технічних наук, професор



Володимир ПАВЛІКОВ