

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора,
завідувач кафедри програмних засобів НУ «Запорізька політехніка»

Субботіна Сергія Олександровича,
на дисертацію Ярош Анастасії Олександрівни
«Нейромережеві методи розв'язання крайових задач»,
яку подано на здобуття наукового ступеня
доктора філософії зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Ступінь актуальності обраної теми

Машинне навчання є міждисциплінарним напрямом, що поєднує комп'ютерні науки та прикладні застосування. Завдяки стрімкому розвитку обчислювальних потужностей та алгоритмів машинного навчання, можливим стає застосовування цих методів для моделювання фізичних, технічних, біологічних та інших природних процесів, які часто описуються диференціальними рівняннями. Використання машинного навчання дозволяє автоматизувати процес аналізу та обробки великої кількості даних, що сприяє науковим дослідженням та інженерним застосуванням.

Нейронні мережі, зокрема нейронні мережі з фізичною інформацією, використовуються як метод розв'язання диференціальних рівнянь, які традиційно розв'язуються аналітичними або чисельними методами. Такі нейромережі дозволяють інтегрувати фізичні закони безпосередньо в моделі машинного навчання, що забезпечує високу точність і узгодженість результатів з фізичними принципами. Це особливо важливо для задач, де класичні методи можуть бути неефективними або занадто ресурсомісткими, таких як нелінійні або багатовимірні системи. Розвиток та впровадження нейромережевих обчислювальних методів у машинному навчанні є важливим для сучасної науки та техніки. Це дозволяє більш ефективно вирішувати складні наукові задачі, підвищувати точність і надійність моделей, а також прискорювати науковий прогрес та технологічні інновації.

Отже, тема дисертаційної роботи «Нейромережеві методи розв'язання крайових задач» є актуальною має суттєву значущість у галузі комп'ютерних наук, а саме, у розвитку нейромережевих обчислювальних методів і повністю відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Структура роботи

Дисертація А.О. Ярош складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Вступ дисертації містить такі складові: актуальність дослідження; зв'язок роботи з науково-дослідними темами Запорізького національного університету, де виконувалася дисертація; формулювання мети та завдання; об'єкт та предмет; методи дослідження; наукова новизна; практичне значення отриманих результатів; інформація про практичне використання результатів роботи; особистий внесок здобувача; дані про апробацію результатів дослідження та їх висвітлення у наукових публікаціях.

У першому розділі виконано аналіз стану проблеми за тематикою роботи та огляд відкритих бібліотек, що реалізують поширені нейромережеві обчислювальні методи.

Другий розділ описує процес проєктування та розробки інтерпретатора предметно-орієнтованої мови PLang, що призначено для формального опису крайових задач. Описано синтаксис мови та приклади використання. Наведено основні класи бібліотеки нейромережевих методів, що проєктується.

Модельні задачі пружності та рівняння Бюргерса розв'язуються у третьому розділі. Виконано оцінку діапазону застосування нейромережевих методів рівняння Бюргерса.

У четвертому розділі розглянуто методи оптимізації гіперпараметрів нейронних мереж, які можуть застосовуватись для автоматизації процесу розв'язання крайових задач, а саме: генетичний алгоритм, метод рою часток, планування експериментів.

Висновки містять узагальнені результати дисертаційного дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність

Обґрунтованість результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю обраної методології дослідження, аналізом сучасного стану досліджень в заявленій предметній області, застосуванням теоретичних та експериментальних методів дослідження, аналізом отриманих результатів із використанням поширених метрик у машинному навчанні та комп'ютерних науках.

Наукова новизна отриманих результатів

При виконанні дисертаційної роботи отримано такі наукові результати:

– *вперше* запропоновано об'єктно-орієнтовану архітектуру бібліотеки нейромережових методів розв'язання крайових задач, яка, на відміну від існуючих бібліотек, реалізує мову опису крайових задач та методи покращення збіжності нейромереж;

– *отримали подальшого розвитку* методи нейронних мереж з фізичною інформацією, які було адаптовано для розв'язання задач пружності;

– *вперше* реалізовано предметно-орієнтовану мову для формального опису крайових задач та їх розв'язання засобами нейронних мереж;

– *вперше* отримано чисельні розрахунки певних класів крайових задач методами нейромереж з фізичною інформацією.

Отже, в дисертації розв'язано актуальну науково-технічну проблему: розроблено архітектуру бібліотеки нейромережових обчислювальних методів. Це дозволить підвищити швидкість та ефективність програмної реалізації відповідного програмного забезпечення розв'язання крайових задач.

Значущість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання

Розроблені підходи дозволять підвищити ефективність застосування нейромережових методів для розв'язання крайових задач та розробки відповідного програмного забезпечення. Розроблене програмне забезпечення може використовуватись у складі систем автоматизації проектування.

Повнота викладу результатів дослідження у наукових публікаціях

За темою дисертації опубліковано 10 робіт. Серед них: 3 статті у наукових фахових виданнях України, які включені на дату опублікування до переліку наукових фахових видань за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки; 7 тез доповідей на науково-практичних конференціях. Усі публікації прямо пов'язані з тематикою дисертації. Результати дисертаційного дослідження впроваджено у освітній процес Запорізького національного університету, що підтверджено відповідним актом про впровадження, що міститься у додатку Б дисертації.

Академічна доброчесність

Порушення авторкою норм академічної доброчесності не виявлено.

Відповідність роботи вимогам, які ставляться до дисертації

За актуальністю та важливістю розв'язаних наукових задач, повнотою теоретичного обґрунтування, отриманими числовими результатами дисертаційна робота Ярош Анастасії Олександрівни відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою № 44 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. та вимогам до оформлення дисертації, затвердженими наказом МОН України.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації

Загалом, позитивно оцінюючи наукове і практичне значення отриманих здобувачкою результатів, варто відзначити наступні дискусійні положення і зауваження до змісту дисертаційної роботи.

1. В тексті дисертації вказано, що дані для навчання нейромережі формуються за допомогою рівномірної сітки на області визначення задачі. Доцільно було б розглянути в роботі також інші способи вибору точок даних.

2. Для оцінки точності побудованих нейронних мереж використовуються метрики середня відносна похибка (в підрозділі 3.2) та коефіцієнт детермінації та середнє квадратичне відхилення (в підрозділі 3.3). Однак, для порівняння точності методу для різних задач краще використовувати один набір міток.

3. З опису обчислювальних експериментів не зрозуміло яким методом обираються точки даних для тестових вибірок.

4. У підрозділі 4.1 описано застосування генетичного алгоритму оптимізації гіперпараметрів нейромереж з фізичною інформацією. Однак, не продемонстровано механізм кодування хромосом, які містять варіант розв'язку.

5. З тексту підрозділу 4.1 не впливає який вигляд має фітнес функція генетичного алгоритму.

6. У підрозділі 4.2 не описано параметри методу рою часток, що приводять до наведеного результату. Було б доцільно продемонструвати вплив параметрів алгоритму оптимізації на вид згенерованої нейромережі.

7. В тексті дисертації наявна певна кількість орфографічних та стилістичних помилок, яка, втім, не є критичною.

Зазначені зауваження та рекомендації не впливають на загальну позитивну оцінку представленого наукового дослідження.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Ярош Анастасії Олександрівни на тему «Нейромережеві методи розв'язання крайових задач», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки є завершеним науковим дослідженням, яке за актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю, науково-теоретичною та науково-практичною значущістю отриманих результатів 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 та вимогам до оформлення дисертації, а її авторка Ярош Анастасія Олександрівна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

завідувач кафедри програмних засобів

Національного університету

«Запорізька політехніка»,

доктор технічних наук, професор

