

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
д.т.н., професору Пастуху Олегу Анатолійовичу

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Демчика Владислава Івановича

**«Методи машинного навчання для моделювання функціональних
властивостей та довговічності сплавів»**,

подану до захисту на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12
- Інформаційні технології та спеціальності 122 - Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота Демчика Владислава Івановича присвячена актуальній задачі розроблення та застосування методів машинного навчання для моделювання процесів деформування матеріалів з пам'яттю форми на основі експериментальних даних. Актуальність теми визначається стрімким розвитком технологій штучного інтелекту, аналізу даних та інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, які дедалі активніше використовуються для розв'язування прикладних задач у науці та промисловості.

Особливої актуальності набуває створення моделей, здатних забезпечувати високоточне прогнозування за обмежених експериментальних вибірок, а також автоматизацію аналізу складних нелінійних залежностей. У цьому контексті застосування алгоритмів машинного навчання для побудови регресійних моделей, оцінювання параметрів та прогнозування поведінки складних систем є важливим напрямом сучасних комп'ютерних наук.

Дисертаційна робота відповідає сучасним тенденціям розвитку галузі 122 «Комп'ютерні науки», оскільки поєднує методи штучного інтелекту,

аналізу даних, математичного моделювання та програмних засобів інтелектуальної обробки інформації.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробленні нових підходів, моделей та алгоритмічних рішень для задач прогнозування й апроксимації складних нелінійних залежностей на основі методів машинного навчання та інтелектуального аналізу даних.

При цьому вперше:

- розроблено методику побудови регресійних моделей на основі алгоритмів машинного навчання з учителем для прогнозування параметрів деформування сплавів з пам'яттю форми, що забезпечує підвищення точності прогнозування за обмежених експериментальних наборів даних;
- запропоновано підхід до підвищення ефективності прогнозування механічної поведінки для сплавів з пам'яттю форми шляхом застосування алгоритмів машинного навчання з учителем, попередньої обробки даних, що дозволило покращити якість узагальнення моделей порівняно з традиційними аналітичними та емпіричними методами;
- розроблено модель прогнозування часових залежностей на основі нейронної мережі типу багат шарового персептрона для оцінювання розвитку довжини тріщини, що забезпечує високу точність апроксимації та стійкість до варіацій вхідних параметрів;
- побудовано аналітичну модель опису нелінійних гістерезисних залежностей із використанням мінімізації функціоналу методом найменших квадратів та кусково-лінійної апроксимації, що

розширює інструментарій математичного моделювання складних нелінійних процесів.

Наукова обґрунтованість та достовірність отриманих результатів.

Наукова обґрунтованість отриманих результатів забезпечується використанням сучасних методів машинного навчання, математичної статистики, інтелектуального аналізу даних та методів оптимізації.

У роботі застосовано широкий спектр алгоритмів машинного навчання та нейронні мережі. Для оцінювання ефективності моделей використано сучасні метрики якості регресії, крос-валідацію та аналіз похибок прогнозування.

У дисертаційній роботі наукова обґрунтованість підтверджується:

- коректним вибором методів дослідження, що відповідають поставленим завданням;
- ґрунтовним аналізом сучасних наукових джерел у галузі матеріалознавства та комп'ютерних наук;
- логічною структурою викладу, яка забезпечує послідовність переходу від теоретичних положень до практичних результатів.

Достовірність отриманих результатів забезпечується:

- використанням репрезентативних експериментальних даних, підтверджених лабораторними дослідженнями;
- застосуванням статистичних критеріїв для оцінки точності та надійності моделей;
- апробацією досліджень у наукових публікаціях та на міжнародних конференціях.

Рівень виконання роботи

Дисертаційну роботу виконано на високому науковому та методичному рівні. Це підтверджується:

- повнотою дослідження – охоплено теоретичні основи, сучасні методи машинного навчання та їх застосування у матеріалознавстві;
- системністю викладу – робота має чітку структуру, послідовність викладення матеріалу, логічний перехід від постановки задачі до отриманих результатів;
- відповідністю сучасним вимогам – результати апробовано у наукових публікаціях, представлено на конференціях, що підтверджує їх визнання науковою спільнотою;
- оформленням роботи – дисертація відповідає вимогам до дисертаційних досліджень, містить необхідні розділи, таблиці, рисунки та список літератури.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у можливості безпосереднього використання отриманих результатів у науковій, виробничій та освітній діяльності:

- Матеріалознавство та інженерія – розроблені моделі машинного навчання дозволяють прогнозувати функціональні властивості та довговічність сплавів з пам'яттю форми, що зменшує потребу у дорогих та тривалих експериментальних дослідженнях.
- Медицина та біомедичні технології – результати можна застосовувати для створення надійних імплантів, ортопедичних конструкцій та медичних інструментів, де критично важлива довговічність матеріалів.
- Промисловість та робототехніка – моделі прогнозування сприяють оптимізації використання сплавів у системах безпеки, сенсорах та механізмах з високим навантаженням.
- Освітній процес – матеріали дисертації можуть бути використані у навчальних курсах з комп'ютерних наук, машинного навчання та

матеріалознавства, що підвищує якість підготовки майбутніх фахівців.

- Економічний ефект – застосування запропонованих методів дозволяє скоротити витрати на дослідження та розробку нових матеріалів, підвищуючи ефективність наукових та виробничих проєктів.

Апробація результатів дослідження, структура та відповідність дисертації вимогам

Основні положення дисертації апробовано на міжнародних наукових конференціях, що підтверджує їх визнання науковою спільнотою.

Результати досліджень опубліковано у фахових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science), що відповідає вимогам МОН України.

Частина напрацювань впроваджено у навчальний процес та використано у наукових лабораторіях, що засвідчує практичну значимість роботи.

Дисертація складається зі вступу, огляду літератури, трьох основних розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 142 сторінки. Робота має логічну побудову: від постановки проблеми та аналізу сучасного стану досліджень до розробки методів, моделювання та узагальнення результатів. Виклад матеріалу є послідовним, з використанням сучасної наукової термінології, таблиць та рисунків для ілюстрації результатів. Усі ці характеристики підтверджують як повноту викладення результатів дослідження, так і його відповідність чинним нормативним вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня, встановленим наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. “Про затвердження вимог до оформлення дисертацій”.

Зауваження

У дисертаційній роботі виявлено низку моментів, які не знижують загальної наукової цінності дослідження, але потребують уточнення чи вдосконалення:

1. У роботі недостатньо висвітлено питання оптимізації гіперпараметрів моделей машинного навчання та автоматизованого підбору архітектур нейронних мереж.
2. Доцільно було б розширити дослідження сучасними методами глибокого навчання та порівняти результати з трансформерними або фізично-інформованими моделями.
3. У розділі, котрий стосується аналізу літератури, доцільно було б ширше представити сучасні зарубіжні дослідження, особливо у сфері біомедичних застосувань сплавів з пам'яттю форми.
4. На початку 3го розділу варто було б навести графіки сирих даних, а також їх характеристики (кількість точок, частота дискретизації тощо).
5. Варто додати більш детальне зіставлення результатів моделювання з аналогічними роботами інших авторів.
6. У тексті зустрічаються випадки неоднакового використання термінів («довговічність», «втомна міцність», «ресурс»), що потребують уніфікації.
7. Деякі формулювання можна зробити більш лаконічними та стандартизованими відповідно до академічних вимог.
8. Частина рисунків та таблиць потребує розширених пояснень, що полегшить сприйняття результатів.
9. Доцільно було б додати приклади практичного застосування моделей у вигляді схем або блок-діаграм.
10. Було б корисно розширити опис джерел даних для навчання моделей, зокрема, зазначити умови отримання експериментальних результатів.
11. Варто додати інформацію про обмеження використаних даних та можливі напрями їх розширення.
12. На сторінці 94 коефіцієнт детермінації позначено як R^2 замість R^2 ;

13. У роботі наведено перспективи застосування моделей, однак доцільно було б показати приклади їх апробації у конкретних промислових чи освітніх проєктах.

Висновок

Перелічені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку роботи в цілому. Дисертаційна робота "Методи машинного навчання для моделювання функціональних властивостей та довговічності сплавів" є завершеною науковою роботою, у якій розв'язано важливі як наукові, так і практичні задачі. Робота за новизною отриманих результатів та ступенем їх обґрунтованості відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», і 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 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, а її автор Демчик Владислав Іванович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 "Інформаційні технології" за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки".

Офіційний опонент:

к.т.н., доцент

завідувач кафедри математичного моделювання

та інтелектуальних обчислень в інженерії

Національного технічного університету

"Харківський політехнічний інститут"

Олексій ВОДКА

Підпис к.т.н., доц. Водки О.О. засвідчую

Вчений секретар НТУ «ХПІ»

«08» травня 2026 р.

Максим МАЛЬКО