

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

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Демчика Владислава Івановича

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

яку представлено на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертації

У матеріалознавстві та механіці деформівного твердого тіла одним із ключових завдань є прогнозування функціональних властивостей та довговічності сплавів. Традиційні експериментальні методи потребують значних ресурсів і часу, тому застосування методів машинного навчання як інструменту моделювання є перспективним та ефективним. Дослідження Демчика В.І. спрямоване на розробку моделей для NiTi-сплавів, які характеризуються ефектом пам'яті форми, псевдопружністю, високою міцністю та корозійною стійкістю, що визначає їхню актуальність для медицини, робототехніки та промисловості.

Наукова новизна положень, результатів і висновків дисертації У дисертаційній роботі отримано результати, що мають наукову новизну.

Зокрема:

- вперше розроблено методики прогнозування функціональних властивостей сплавів із застосуванням алгоритмів машинного навчання;

- запропоновано підхід до моделювання властивостей NiTi-сплавів на основі регресійних залежностей із використанням системи Orange;
- побудовано аналітичну модель гістерезисних петель нікельтитанового сплаву з пам'яттю форми методом найменших квадратів, що забезпечує новий інструмент для опису нелінійної поведінки матеріалу.

Практична цінність одержаних результатів

Практична значущість роботи полягає у розробці алгоритмів машинного навчання, котрі уможливають моделювання функціональних властивостей і довговічності сплавів.

Створені моделі забезпечують можливість прогнозування характеристик сплавів з пам'яттю форми без необхідності проведення тривалих та затратних експериментів, що значно спрощує процес розробки нових матеріалів.

Отримані результати надають змогу розробити надійні імпланти та медичні інструменти, де особливо важливими є довговічність та біосумісність матеріалів.

Застосування прогнозних моделей сприяє зменшенню витрат на дослідження й розробку, що підвищує ефективність реалізації різного роду проектів.

Обґрунтованість і достовірність результатів

Висновки дисертаційної роботи підтверджено застосуванням обґрунтованих методичних підходів, системним оцінюванням ефективності моделей та узгодженістю результатів із положеннями інших дослідників. Результати апробовано на наукових конференціях та опубліковано у провідних фахових виданнях, зокрема у статтях, що індексуються міжнародною базою Scopus, що підтверджує їхню достовірність та міжнародне визнання.

Зв'язок роботи з державними програмами

Дисертацію виконано у рамках науково-дослідних робіт кафедри систем штучного інтелекту та аналізу даних Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, зокрема «Моделювання функціональних і конструкційних властивостей сплавів з пам'яттю форми методами машинного навчання» (№ 0122U001858) та «Розв'язування задач науки методами штучного інтелекту».

Структура та зміст дисертації

Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку джерел.

У першому розділі дисертації всебічно проаналізовано сплави з пам'яттю форми та їхні основні функціональні характеристики: здатність до відновлення, псевдопружність і високу демпфуючу ефективність. Автор акцентує увагу на широкому спектрі практичного застосування таких матеріалів — від температурно-чутливих систем безпеки та побутових приладів до робототехнічних актуаторів і медичних виробів.

Другий розділ стосується методики прогнозування властивостей сплавів з пам'яттю форми із застосуванням машинного навчання. Основними етапами дослідження стали застосування програмного комплексу Orange, попередня обробка та аугментація наборів даних. Наведена блок-схема відображає послідовність побудови регресійних залежностей.

У третьому розділі здійснено моделювання регресійних залежностей для залишкових деформацій та розсіяної енергії з використанням різних методів машинного навчання. Окремо спрогнозовано втомну довговічність титанових сплавів. Запропонована модель на основі багатошарового перцептрона забезпечила високу точність прогнозування довжини втомної тріщини і підтвердила здатність узагальнювати дані без перенавчання та враховувати різні умови навантаження. Це дозволяє оцінювати залишковий

ресурс матеріалу та приймати обґрунтовані рішення щодо ремонту чи подальшої експлуатації конструкцій.

Додатково побудовано математичну модель гістерезисних петель методом найменших квадратів, яка адекватно описує діаграми деформування сплавів.

У роботі також змодельовано розсіяну енергії NiTi-сплавів із врахуванням частоти циклів навантаження. Для цього застосовано ансамблеві методи AdaBoost та Random Forest, які показали найнижчі похибки прогнозування

Повнота викладу матеріалів у публікаціях

Основні результати дисертації опубліковано у 3 статтях у наукових фахових виданнях України та 2 статтях у виданнях, що індексуються базою Scopus, а також у 2 працях міжнародних конференцій. Це відповідає вимогам щодо кількості та якості публікацій.

Відомості про дотримання академічної доброчесності

Порушень академічної доброчесності не виявлено. Текст дисертації відповідає змісту опублікованих праць автора, використані матеріали інших дослідників мають належні бібліографічні посилання. **Зауваження до дисертації**

1. У роботі скористалися обмеженими експериментальними вибірками. Доцільно було б розширити базу даних, включивши результати з різних джерел або синтетично згенеровані дані, що підвищило б узагальнювану здатність моделей.
2. У роботі акцент зроблено на класичних алгоритмах та багатошаровому перцептроні. Було б корисно додати аналіз ефективності сучасних архітектур (приміром, графових нейронних мереж) для моделювання складних залежностей у матеріалах.

3. Результати моделювання здебільшого перевірено на лабораторних даних. Доцільно було б показати застосування моделей у реальних виробничих умовах, що підтвердило б їхню практичну придатність.
4. Варто було б оцінити, як зміна окремих параметрів (наприклад, частоти навантаження) впливає на точність прогнозів. Це дозволило б краще зрозуміти межі застосування моделей.
5. У роботі значну увагу приділено точності моделей, проте бракує аналізу інтерпретованості отриманих результатів. Використання методів пояснюваного машинного навчання (SHAP, LIME) могло б надати додаткову цінність.
6. Дисертація показує інтеграцію машинного навчання з класичними підходами механіки руйнування, але варто було б ширше висвітлити, як саме моделі машинного навчання узгоджуються або відрізняються від фізичних законів.
7. Доцільно було б оцінити, наскільки запропоновані моделі придатні для масштабування на великі набори даних та які обчислювальні ресурси вони потребують.

Проте, варто підкреслити, що вказані зауваження аж ніяк **не зменшують** наукову та практичну цінність отриманих результатів дисертаційного дослідження і **жодним чином не впливають на загальну позитивну та схвальну оцінку дисертаційної роботи.**

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам

Дисертаційна робота Владислава Івановича Демчика «Методи машинного навчання для моделювання функціональних властивостей та довговічності сплавів» є завершеним, самостійним дослідженням, що має високу наукову новизну та практичну значущість.

Подана до захисту дисертація за структурою, мовою та стилем результатів відповідає вимогам МОН України. Матеріал викладено у логічній

послідовності, а висновки є науково обґрунтованими. Анотація розкриває основні положення та висновки та не містить інформації, яка відсутня у дисертації. Зміст дисертаційної роботи відповідає обраній темі, поставленим завданням та відповідає сучасним вимогам до оформлення дисертацій, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», і затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р № 44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Актуальність теми дослідження, ступінь наукової новизни, теоретичне і практичне значення, достовірність результатів і висновків, які отримано у дисертаційній роботі «Методи машинного навчання для моделювання функціональних властивостей та довговічності сплавів», дають змогу зробити висновок, що вона відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» у галузі знань 12 «Інформаційні технології», а її автор Демчик Владислав Іванович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Рецензент:

доцент кафедри автоматизації
технологічних процесів і виробництв
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя МОН України
кандидат технічних наук, доцент


Ігор КОНОВАЛЕНКО




