Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003668

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-09-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Самотій Тетяна Сергіївна
2. Tetiana S. Samotii

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-1317-8786

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп’ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерні науки

Дата захисту: 13-09-2025

Спеціальність за освітою: 113 Прикладна математика

Місце роботи здобувача: Національний лісотехнічний університет України

Код за ЄДРПОУ: 02070996

Місцезнаходження: вул. Генерала Чупринки, буд. 103, Львів, 79057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 10793

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.37

Тема дисертації:

1. Методи та засоби нейромережевого моделювання тепломасоперенесення в анізотропних середовищах з фрактальною структурою

2. Methods and tools of neural network modeling of heat and mass transfer in anisotropic media with fractal structure

Реферат:

1. Самотій Т. С. Методи та засоби нейромережевого моделювання тепломасоперенесення в анізотропних середовищах з фрактальною структурою. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», галузь знань 12 «Інформаційні технології» – Національний університет "Львівська політехніка", Львів, 2025. Дисертацію присвячено вирішенню актуального науково-прикладного завдання побудови фрактальної фізично-інформованої нейронної моделі для опису процесів теплового та вологого перенесення в анізотропних капілярно-пористих середовищах із фрактальною організацією, а також розробці методів її практичної

реалізації на основі апарату дробового інтегродиференціювання та глибинного навчання. Розроблені методи спрямовані на оптимізацію моделювання просторово-часового розподілу температури та вологовмісту в технологічних процесах, а також ідентифікацію параметрів дробових операторів моделі тепломасоперенесення. У першому розділі дисертації здійснено системний аналіз сучасних підходів до моделювання теплового та вологого перенесення у фрактальних капілярно-пористих середовищах. Охарактеризовано математичні властивості фрактальних структур і різні представлення дробових операторів, включно з формами Капуто, Грюнвальда–Летнікова та Рімана–Ліувілля. Розглянуто існуючі математичні моделі процесів перенесення та виявлено їхні обмеження у випадку структурно складних матеріалів. Проведено огляд фізично-інформованих нейронних мереж (PINN), їх потенціалу для моделювання фізичних процесів і напрямків розширення під задачі фрактальних середовищ. Подано порівняльну характеристику програмних засобів, які використовують для реалізації відповідних моделей. У другому розділі розроблено архітектуру фрактальної фізично-інформованої нейронної мережі (fPINN), адаптовану до задач теплового та вологого перенесення з урахуванням фрактальної структури середовища. Інтегровано дробові похідні у фізичні рівняння, що дало змогу врахувати ефекти пам’яті та просторової нелокальності. Розглянуто методи апроксимації фрактальних операторів і сформульовано функціонали втрат, які включають залишки рівнянь, граничні та початкові умови, а також компонент, що забезпечує узгодження моделі з навчальними даними. Обґрунтовано методи навчання мережі, включаючи методи поетапного навчання та адаптивного масштабування функціоналів втрат для покращення збіжності. Проведено оцінку точності моделі та аналіз її збіжності. У третьому розділі представлено реалізацію запропонованої моделі в програмному середовищі. Описано структуру програмного застосунку, реалізованого у вигляді модульної системи для побудови, тренування, валідації та візуалізації результатів роботи fPINN. Обґрунтовано підхід до формування навчальних наборів даних та використання квазівипадкових точок для колокаційних умов. Визначено критерії вибору бібліотек, інструментів оптимізації та параметрів тренування. Запропоновано алгоритм реалізації fPINN у контексті задачі моделювання теплового та вологого перенесення. Проведено чисельні експерименти на синтетичних даних, які продемонстрували перевагу запропонованої моделі порівняно з класичними чисельними методами. У четвертому розділі здійснено всебічний аналіз результатів дослідження. Наведено графіки розподілу температури та вологовмісту, отримані за допомогою fPINN-моделі, а також результати нейромережевої ідентифікації фрактальних параметрів середовища. Досліджено вплив регуляризаційних стратегій (L1 і L2) на точність прогнозування. Проведено порівняльну оцінку різних типів похибок і чутливість моделі до змін архітектури мережі. Проаналізовано вплив фрактальних характеристик середовища на тепловологі властивості. Сформульовано практичні висновки та рекомендації щодо використання моделі в задачах, що потребують урахування фрактальної структури матеріалу. Дисертаційна робота є внеском у розвиток інтелектуальних методів моделювання складних фізичних процесів. Запропонована нейромережева модель, що враховує фрактальні властивості середовища та використовує дробові оператори, у поєднанні з розробленими методами поетапного навчання з адаптивним балансуванням функціоналів втрат, забезпечує високу точність і гнучкість під час відтворення тепловологих процесів в анізотропних капілярно-пористих структурах. Крім того, розроблена методика дає можливість здійснювати ідентифікацію дробових параметрів перенесення, які відображають властивості пам’яті та просторової нелокальності середовища. Розроблене програмне забезпечення для прогнозування розподілу температури та вологовмісту призначене для застосування в інженерних задачах – зокрема, у процесах сушіння матеріалів, теплообробки композитів і біоматеріалів, де критичним є врахування ефектів пам’яті та мікроструктурної неоднорідності. Інтеграція запропонованої моделі в інженерні системи сприятиме оптимізації технологічних режимів та підвищенню якості кінцевого продукту.

2. Samotii T.S. Methods and tools of neural network modeling of heat and mass transfer in anisotropic media with fractal structure. – A qualification scientific work in the form of a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 122 "Computer Science", field of knowledge 12 "Information Technology" – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2025. The dissertation is devoted to solving a relevant scientific and applied

problem of constructing a fractal physics-informed neural network (fPINN) model for describing heat and moisture transfer processes in anisotropic capillary-porous media with fractal organization. It also focuses on developing methods for its practical implementation based on the apparatus of fractional integro-differentiation and deep learning. The developed methods aim to optimize the modeling of spatio-temporal temperature and moisture content distributions in technological processes, as well as to identify the parameters of fractional operators of the heat and moisture transfer model. In the first chapter, a systematic analysis of modern approaches to modeling heat and moisture transfer in fractal capillary-porous media is presented. The mathematical properties of fractal structures and different representations of fractional operators, including Caputo, Grünwald–Letnikov, and Riemann–Liouville forms, are described. The limitations of existing mathematical models for structurally complex materials are identified. An overview of physics-informed neural networks (PINNs), their potential for modeling physical processes, and possibilities for extending them to fractal environments is provided. Comparative characteristics of software tools for implementing such models are presented. In the second chapter, the architecture of the fPINN adapted to heat and moisture transfer tasks is developed, taking into account the fractal structure of the medium. Fractional derivatives are integrated into the physical equations, enabling the model to capture memory effects and spatial nonlocality. Methods for approximating fractal operators are presented, and loss functionals are formulated to include PDE residuals, boundary and initial conditions, and data consistency terms. Training strategies, including staged training and adaptive loss weighting, are justified to improve convergence. The accuracy and convergence behavior of the model are evaluated. The third chapter presents the implementation of the proposed model in a software environment. The structure of the application is described, implemented as a modular system for constructing, training, validating, and visualizing the performance of the fPINN. The approach to forming training datasets and using quasi-random sampling for collocation points is explained. The choice of libraries, optimization tools, and training parameters is substantiated. The algorithm for implementing fPINN in the context of heat and moisture transfer modeling is detailed. Numerical experiments on synthetic data demonstrate the advantages of the proposed model over classical numerical methods. In the fourth chapter, the results of the study are comprehensively analyzed. Graphs of temperature and moisture content distribution obtained via fPINN are provided, along with the results of neural network-based identification of fractal parameters. The influence of regularization strategies (L1 and L2) on prediction accuracy is investigated. A comparative evaluation of different error types and the sensitivity of the model to network architecture changes is conducted. The effect of fractal characteristics on the thermal and moisture properties of the medium is analyzed. Practical conclusions and recommendations for using the model in problems requiring the consideration of fractal structure are formulated. This dissertation contributes to the advancement of intelligent methods for modeling complex physical processes. The proposed neural network model, which incorporates fractal properties and uses fractional operators, combined with developed staged training methods and adaptive loss balancing, ensures high accuracy and flexibility in modeling heat and moisture processes in anisotropic capillary-porous structures. Furthermore, the developed methodology enables identification of fractional transfer parameters that reflect memory and spatial nonlocality of the medium. The developed software tool for predicting temperature and moisture distribution is intended for engineering applications—particularly in material drying processes, heat treatment of composites, and biomaterials—where consideration of memory effects and microstructural heterogeneity is critical. Integration of the proposed model into engineering systems will facilitate optimization of process regimes and improvement of final product quality.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Sokolovskyy Y., Drozd K., Samotii T., Boretska I. Fractional-Order Modeling of Heat and Moisture Transfer in Anisotropic Materials Using a Physics-Informed Neural Network // Materials. – 2024. – Vol. 17, No. 19. – Article number: 4753. https://doi.org/10.3390/ma17194753
- 2. Sokolovskyy Y., Samotii T. Application of an adaptive neural network for the identification of fractional parameters of heat and moisture transfer processes in fractal // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: «Комп'ютерні системи проєктування. Теорія і практика». – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2025. – № 1(7). – С. 11–24. https://doi.org/10.23939/cds2025.01.011
- 3. Sokolovskyy Y., Samotii T. Adaptive Fractional Neural Algorithm for Modeling Heat-and-Mass Transfer // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: «Комп'ютерні системи проєктування. Теорія і практика». – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2024. – № 3(6). – С. 139–153. https://doi.org/10.23939/cds2024.03.139
- 4. Соколовський Я., Самотій Т. Нейромережеве моделювання процесу вологоперенесення на основі похідних дробового порядку // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: «Комп'ютерні системи проєктування. Теорія і практика». – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2023. – № 1(5). – С. 108–120. https://doi.org/10.23939/cds2023.01.108

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0121U110154; 0124U002470

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Соколовський Ярослав Іванович

2. Yaroslav I. Sokolovskyi

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.05.07

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-4866-2575

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мадейський Павел ...

2. Pawel Madejski

Кваліфікація: д.т.н., професор, 01.02.00

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-9097-679X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Гірничо-Металургійна Академія імені Станіслава Сташиця

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження: al. Adama Mickiewicza 30,, Краків, 30-059, Польща

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Олещенко Любов Михайлівна

2. Lyubov M. Oleshchenko

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-9908-7422

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бодянський Євгеній Володимирович

2. Yevgeniy V. Bodyanskiy

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.03

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-5418-2143

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мельник Михайло Романович

2. Mykhaylo R. Melnyk

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.12

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-8593-8799

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Станкевич Олена Михайлівна

2. Olena M. Stankevych

Кваліфікація: д.т.н., старший науковий співробітник, 05.02.10

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-5977-6351

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Лобур Михайло Васильович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Лобур Михайло Васильович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Віктор Михайлович Хавалко
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна