

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001657

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 22-04-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/61/24 від 08.07.2024



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Крисенко Павло Ігорович

2. Pavlo Krysenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 153

Назва наукової спеціальності: Автоматизація та приладобудування. Мікро- та наносистемна техніка

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Мікро- та наносистемна техніка

Дата захисту: 19-06-2024

Спеціальність за освітою: Мікро- та наносистемна техніка

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.145; ID 5419

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 47.45.99, 20.54.06, 47.09.48

Тема дисертації:

1. Збагачення даних для прогнозування властивостей метаматеріалів
2. Data enrichment for predicting the properties of metamaterials

Реферат:

1. Крисенко П. І. Збагачення даних для прогнозування властивостей метаматеріалів. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка (галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування). – Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, 2024. Робота присвячена розробці методики збагачення кількості даних для покращення прогнозування коефіцієнта пропускання метаматеріалів на основі топологічної структури та складу, параметрів опромінення поверхні метаматеріалу, а також для покращення можливостей розв'язку оберненої задачі із застосуванням штучних нейронних мереж. У дисертаційній роботі досліджено науково-прикладні аспекти використання згорткових нейронних мереж для розв'язання задач у галузі проектування та прогнозування властивостей

метаматеріалів та можливість задання параметрів опромінення поверхні метаматеріалу для збільшення кількості доступних даних У сучасних дослідженнях у галузі науки та техніки глибоке навчання, зокрема застосування згорткових нейронних мереж, виявляється дієвим засобом розробки ефективних методів аналізу та прогнозування властивостей метаматеріалів у контексті їх дизайну. Цей підхід відзначається своєю легкістю в реалізації, доступністю відповідних даних, а також високою швидкістю обчислень порівняно з традиційними методами, що базуються на фізичних законах. Розуміється, що нейронні мережі є складними в реалізації та мають свої обмеження, такі як потреба у великій кількості даних, складність оптимізації та постановки завдань. Використання нейронних мереж у дизайні метаматеріалів передбачає їх застосування для знаходження матеріалів та топології метаматеріалів за заданими характеристиками. Цей процес починається з навчання нейронних мереж на основі великої кількості вхідних даних, які включають параметри метаматеріалу, такі як розмір, форма та склад, і бажані властивості, такі як поглинання, відбивання та пропускання світла. Завдяки нейронним мережам можна автоматизувати та оптимізувати процес дизайну метаматеріалів, шукати складні залежності між параметрами матеріалу та функціональним відгуком, що є важко досяжним для традиційних методів. Важливо також відзначити можливість аналізувати дані про склад та структуру метаматеріалів та використовувати їх для передбачення електромагнітних властивостей. Для отримання інформації про метаматеріали були використані дані з топологією та складом цих матеріалів. Застосовувалися програмні середовища для розробки цифрового коду та побудови 3D об'єктів метаматеріалів з визначеними властивостями. Була проведена конвертація даних з формату ".ply" у формат ".xyzrgb" за допомогою програмного пакета Open3D на базі Python. Цей формат містив важливі дані, які можна було використовувати для навчання нейронних мереж. Показано важливі вимоги до даних, такі як однорідність та масштабованість. Розроблено алгоритм для прогнозування властивостей метаматеріалів на основі їх структури та складу та умов експериментальних досліджень, використовуючи згорткову нейронну мережу, та методи кодування додаткової інформації в штучну нейронну мережу. Також був розроблений метод для ефективного зберігання інформації про склад метаматеріалів, що дозволяє передбачати їхні електромагнітні властивості. Також досліджено способи представлення властивостей метаматеріалів у вигляді, зручному для навчання згорткової нейронної мережі. Проведено порівняльний аналіз ефективності різних методів, вказавши, що представлення характеристик у вигляді коефіцієнтів полінома, хоча швидше, не є найкращим для прогнозування характеристик метаматеріалів. Проаналізовано формати збереження інформації про 3D структури. В цій роботі досліджено, що такі формати, як «.3ds», «.obj», «.fbx», «.stl», не підходять, через такі недоліки: відсутність швидкого та простого програмного забезпечення (для ефективного конвертування структур метаматеріалів у формат для навчання штучної нейронної мережі); неможливість зберігання додаткової інформації у канали про структурний склад метаматеріалів; неможливість видалення пропрієтарної інформації яка кодується та змішується з потрібними для навчання даними. Розроблено конвеєр навчання тривимірної згорткової нейронної мережі для прогнозування частотних електромагнітних характеристик метаматеріалів на основі структури та складу метаматеріалів та можливість встановлення інформації про умови експериментальних досліджень. Показані результати прогнозування для різних вибірок даних поділених по масштабу частоти опромінення, з урахуванням інформації о умовах експериментальних досліджень. Був виконаний аналіз результату навчання та прогнозування. Було запропоновано шляхи покращення якості прогнозування шляхом збільшення вибірки даних для навчання та використання сучасних відходів у глибокому навчанні. Також було запропоновано шляхи вирішення зворотної задачі для генерації структури за заданими параметрами

2. Krysenko P. I. Data enrichment for predicting the properties of metamaterials. Qualifying scientific work on manuscript rights. Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 153 – Micro- and nanosystem engineering (field of knowledge 15 – Automation and instrument engineering). - National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, 2024. Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 153 – Micro- and nanosystem engineering (field of knowledge 15 – Automation and instrument engineering). - National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, 2024. The work is devoted to the development of data enrichment methods to improve

the prediction of the transmission coefficient of metamaterials based on the topological structure and composition, the parameters of metamaterial surface irradiation, as well as to improve the possibilities of solving the inverse problem using artificial neural networks. The dissertation researched the scientific and applied aspects of the use of convolutional neural networks for solving problems in the field of designing and predicting the properties of metamaterials and the possibility of setting the parameters of metamaterial surface irradiation to increase the amount of available data. In modern research in the field of science and technology, deep learning, in particular, the application of convolutional neural networks, turns out to be an effective means of developing effective methods of analyzing and predicting the properties of metamaterials in the context of their design. The use of neural networks in the design of metamaterials involves their application to find materials and the topology of metamaterials according to given characteristics. This process begins with training neural networks based on a large amount of input data, which includes metamaterial parameters such as size, shape, and composition, and desired properties such as absorption, reflectance, and transmission of light. Thanks to neural networks, it is possible to automate and optimize the design process of metamaterials, to search for complex relationships between material parameters and functional response, which is difficult to achieve with traditional methods. It is also important to note the possibility of analyzing data on the composition and structure of metamaterials and using them to predict electromagnetic properties. Data on the topology and composition of these materials were used to obtain information about metamaterials. Software environments were used to develop digital code and build 3D objects of metamaterials with defined properties. The conversion of data from ".ply" format to ".xyzrgb" format was carried out using the Python-based Open3D software package. An algorithm has been developed for predicting the properties of metamaterials based on their structure and composition and the conditions of experimental studies, using a convolutional neural network, and methods of encoding additional information into an artificial neural network. A method was also developed for efficient storage of information about the composition of metamaterials, which allows predicting their electromagnetic properties. Methods of presenting the properties of metamaterials in a form convenient for convolutional neural network training have also been investigated. A comparative analysis of the effectiveness of different methods was carried out, indicating that the representation of characteristics in the form of polynomial coefficients, although faster, is not the best for predicting the characteristics of metamaterials. Formats for saving information about 3D structures have been analyzed. In this work, it was investigated that such formats as ".3ds", ".obj", ".fbx", ".stl" are not suitable due to the following disadvantages: lack of fast and simple software (for efficient conversion of metamaterial structures into format for training an artificial neural network); impossibility of storing additional information in channels about the structural composition of metamaterials; the impossibility of removing proprietary information that is coded and mixed with data necessary for training. A three-dimensional convolutional neural network learning pipeline has been developed for predicting the frequency electromagnetic characteristics of metamaterials based on the structure and composition of metamaterials and the possibility of establishing information about the conditions of experimental research. Prediction results are shown for different data samples divided by the scale of exposure frequency, taking into account information about the conditions of experimental studies. Ways to improve prediction quality were suggested. Ways of solving the inverse problem for generating the structure according to the given parameters were also proposed

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

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

Підсумки дослідження: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- P. I. Krysenko, M. O. Zoziuk, O. I. Yurikov, D. V. Koroliuk and Yu. I. Yakymenko, “Chladni Figures Simulation on a Rectangular Plate,” *Microsystems, Electronics and Acoustics*, vol. 26, no. 1, 2021, pp. 241698.1-241698.6, Dec. 2021. doi:10.20535/2523-4455.me.241698
- M. O. Zozyuk, D. V. Koroliouk, P. I. Krysenko, A. I. Yurikov and Y. I. Yakymenko, “Prediction of characteristics using a convolutional neural network based on experimental data on the structure and composition of metamaterials,” *STATISTICS, OPTIMIZATION AND INFORMATION COMPUTING*, vol. 11, no. 3, pp. 777-787, Jun. 2023, doi:10.19139/soic-2310-5070-1707
- P. I. Krysenko, M. O. Zoziuk “Using Information about Experimental Conditionns to Predict Properties of Metamaterials,” *Microsystems, Electronics and Acoustics*, vol. 28, no. 3, 2023, pp. 287808.1-287808.7, Dec. 2023. doi: 10.20535/2523- 4455.me.287808
- М.О. Зозюк, Д.В. Королюк, П.І. Крисенко, О.І. Юріков та Ю.І. Якименко, “Використання нейронних мереж для прогнозування властивостей метаматеріалів,” представлено на ІХ Міжнародній науковій конференції імені І. І. Ляшка «Обчислювальна та прикладна математика», Київ, Україна, 2022.

Наукова (науково-технічна) продукція: програмні продукти, програмно-технологічна документація; аналітичні матеріали

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів; забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Королюк Дмитро Володимирович
2. Dmitro V. Koroliouk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.н.с., 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2765-3450

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Код за ЄДРПОУ: 26022051

Місцезнаходження: Чоколовський бульвар, буд. 13, Київ, 03186, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тульчинский Вадим Григорович
2. Vadym Tulchynskiy

Кваліфікація: д.ф.-м.н., с.н.с., 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0280-223X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Терентьев Олександр Миколайович
2. Oleksandr M. Terentiev

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4288-1753

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору

Код за ЄДРПОУ: 26022051

Місцезнаходження: Чоколовський бульвар, буд. 13, Київ, 03186, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Діденко Юрій Вікторович
2. Yurii V. Didenko

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7305-8519

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мачулянський Олександр Вікторович

2. Oleksandr V. Machulianskyi

Кваліфікація: д.т.н., доц., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7305-8519

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Татарчук Дмитро Дмитрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Татарчук Дмитро Дмитрович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Крисенко Павло Ігорович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна