

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Крисенка Павла Ігоровича

на тему «Збагачення даних для прогнозування властивостей метаматеріалів»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування
за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка

Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми дисертаційної роботи визначається зростаючими потребами сучасної промисловості у розробці нових матеріалів із заданими властивостями. Метаматеріали відкривають ефективний і якісно новий напрямок у матеріалознавстві. Вони використовуються в різних галузях техніки, таких як мікроелектроніка, оптоелектроніка, інформатика, радіотехніка, енергетика тощо. Завдяки унікальним властивостям метаматеріалів, перспективним є розроблення різноманітних функціональних пристроїв, зокрема сенсорних елементів, структур, що працюють в оптичному діапазоні спектру, енергозберігаючих технологій, інформаційних систем передавання, зберігання, захисту та відображення інформації, захисних екранувальних та радіопоглинальних структур тощо. Таким чином, дослідження та розроблення метаматеріалів із заданими електромагнітними властивостями є важливим завданням для їх практичного застосування і вирішення прикладних задач.

Нейронні мережі, як альтернатива до класичних фізико-математичних методів аналізу метаматеріалів, потребують значної кількості даних. Але даних, які готові для навчання штучних нейронних мереж для прогнозування властивостей метаматеріалів, на даний момент не існує. Автор роботи пропонує метод, що дасть змогу значно збільшити кількість даних, необхідних для прогнозування властивостей метаматеріалів, пропонує повний пайплайн для збирання та оброблення таких даних.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Спроековано повний пайплайн підготовки даних, починаючи від аналізу експериментальних досліджень до готових до навчання структур

закодованої інформації про електромагнітне опромінення та коефіцієнт пропускання.

2. Запропоновано алгоритм кодування інформації щодо топології метаматеріалів, їх склад і властивості, електромагнітне опромінення. Даний алгоритм може бути масштабований на інші параметри та властивості.
3. Запропоновано підхід до закріплення інформації про частотний діапазон електромагнітного опромінення через зворотне розповсюдження помилки.
4. Запропоновано можливе вирішення зворотної задачі, яке спирається на представлений автором метод закріплення інформації про електромагнітне опромінення.
5. Проведено навчання штучної нейронної мережі для прогнозування властивостей метаматеріалу, яке використовує представлений автором метод збагачення даних, і експериментально доведено можливість використання штучних нейронних мереж для цієї задачі.

Достовірність наукових результатів забезпечується використанням апробованих методик розрахунку та верифікацією отриманих результатів. Наведені у роботі наукові положення, висновки та практичні рекомендації повністю обґрунтовані, базуються на фактичних даних, які представлені у роботі в табличному та графічному вигляді. Інтерпретацію отриманих результатів проведено з використанням сучасних методів оброблення інформації.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі мікроелектроніки КІП ім. Ігоря Сікорського під керівництвом професора кафедри мікроелектроніки, доктора фізико-математичних наук Королюка Дмитра Володимировича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розроблення алгоритму збагачення даних для навчання штучної нейронної мережі, який закріплює інформацію про умови експериментальних досліджень, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Крисенка П. І. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 153 – Мікро- та наносистемна техніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Мікро- та наносистемна техніка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Дизайн та прогнозування властивостей метаматеріалів».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Крисенка Павла Ігоровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Текст дисертації вирізняється змістовною завершеністю, доступністю викладення, цілісністю та логічною послідовністю. Дисертація написана сучасним науковим стилем із використанням загальноприйнятої термінології. Дисертаційна робота Крисенка П. І. має чітку структуру, кількість розділів і підрозділів адекватно відображає сутність проведених досліджень. Оформлення роботи є ясным та акцентує увагу на ключових аспектах, які необхідно донести до читача. Дисертація написана грамотною фаховою українською мовою, але містить професійні жаргонізми. Також у роботі наявний неточний переклад деяких слів, але у незначній кількості, що не спричиняє проблем для розуміння.

Дисертація складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, списку літературних джерел та додатку. Загальний обсяг дисертації 170 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, описано стан розробок у цій сфері в науковій літературі як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників, а також вказано зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Визначено мету і завдання дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження, а також наукову і практичну новизну отриманих результатів. Подано інформацію про апробацію і публікацію результатів дисертації із зазначенням особистого внеску автора.

У першому розділі проведено аналіз існуючих на даний момент базових блоків, які використовуються в штучних нейронних мережах. Математично описано принципи їх роботи та наведено можливу область застосування. Проаналізовано види метаматеріалів. Наведено висновки до розділу.

У другому розділі проаналізовано існуючі роботи, присвячені аналізу метаматеріалів за допомогою штучних нейронних мереж. Описано підходи дослідників до кодування інформації про склад та топологію метаматеріалів, їх недоліки та переваги. Запропоновано новий підхід до кодування такої інформації.

У третьому розділі запропоновано повний пайплайн оброблення даних, починаючи від відкритих джерел, закінчуючи готовими до навчання структурами. Запропоновано архітектуру штучної нейронної мережі для прогнозування властивостей метаматеріалу, що здатна оптимально знайти залежності властивостей від топології, складу та електромагнітного опромінення.

У четвертому розділі представлено результати навчання штучної нейронної мережі для трьох вибірок даних для доказу можливості штучного інтелекту до вивчення внутрішніх залежностей. Цими експериментами доведено, що один зі способів збільшення кількості даних, а саме об'єднання вибірок даних з різних частотних діапазонів електромагнітного опромінення, призводить лише до погіршення результатів прогнозування навченої моделі. Запропоновано майбутні шляхи для покращення якості прогнозування, а також можливі підходи до вирішення задачі проектування структури метаматеріалу з потрібними властивостями.

У розділі Основні наукові та практичні результати і висновки наведено висновки по дисертації.

У Додатку наведено список публікацій здобувача за темою дисертації. Для кожної публікації вказано особистий внесок здобувача.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 3 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорії Б; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 1 науковій фаховій конференції.

Опубліковані праці здобувача мають високий науковий рівень, в них достатньо повно та всебічно описані головні наукові здобутки, що представлені в 2–4 розділах дисертації. У роботах, що опубліковані у співавторстві, особистий внесок автора відображає зараховані за темою дисертації результати досліджень та не викликає сумнівів. В усіх публікаціях дотримуються принципи академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Автором не було запропоновано альтернативних архітектур штучної нейронної мережі. У своїй роботі автор демонструє лише результати знаходження параметрів архітектури, але аж ніяк не інших конфігурацій. Більш того, навіть в цій архітектурі не були зазначені експерименти з іншими гіперпараметрами, такими як learning rate, ймовірність відключення шару з навчання, параметри оптимізатора Adam. Таким чином, важко визначити, чи дійсно такий набір параметрів є оптимальним, та чи є оптимальною саме тривимірною згорткою, як основний блок.

2. Автором не було зазначено, скільки часу (із використанням запропонованого ним підходу) потрібно на збирання даних з відкритих джерел і на рендер. Складно зрозуміти, наскільки цей підхід може зекономити час порівняно із класичним фізико-математичним моделюванням.

3. Для демонстрації роботи запропонованого алгоритму автор наводить приклад архітектури згорткової нейронної мережі для прогнозування коефіцієнту пропускання в залежності від структури, складу та умов вимірювання властивостей метаматеріалів. Однак, один тільки коефіцієнт пропускання не дає повної інформації про властивості матеріалу. Як правило, розглядають три коефіцієнти: пропускання, відбивання та поглинання. Доцільно було б поставити задачу визначення всіх трьох коефіцієнтів для метаматеріалу із певною структурою.

4. Також доцільно було б провести порівняння результативності імітаційного моделювання та моделювання за допомогою згорткової нейронної мережі. Порівняти результати обох методів із експериментальними.

5. У роботі наведено тільки загальні підходи до вирішення оберненої задачі (прогнозування структури та складу метаматеріалів залежно від певних властивостей). Розширення цього питання значно підвищило б наукову цінність роботи.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Крисенка Павла Ігоровича на тему «Збагачення даних для прогнозування властивостей метаматеріалів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим

дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань Автоматизація та приладобудування. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «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 від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Крисенко Павло Ігорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка.

Рецензент:

Доцент кафедри мікроелектроніки,
факультету електроніки,
Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний
інститут ім. Ігоря Сікорського»,
кандидат технічних наук, доцент



Юрій ДІДЕНКО

М.П.

«23» травня 2024 року

