

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки України
24 квітня 2024 року № 578

РІШЕННЯ
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії Прищенко Олександр Андрійович 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2020 році Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали, працює в ФОП Прищенко Олександр Андрійович, вул. Центральна, буд. 21, Дергачі, Дергачівський р-н., 62300, Україна, виконав акредитовану освітньо-наукову програму у повному обсязі.

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна від «21» червня 2024 року № 11, у складі

Голови разової спеціалізованої вченої ради:

- Сергій Шульга, доктор фізико-математичних наук, професор, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, декан факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем.

Рецензентів:

- Сергій Бердник, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, в.о. завідувача, професор кафедри фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
- Максим Легенький, доцент кафедри теоретичної радіофізики факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Офіційних опонентів:

- Геннадій Залевський, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Начальник кафедри озброєння радіотехнічних військ факультету радіотехнічних військ протиповітряної оборони Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
- Олександр Кузнецов, професор, доктор технічних наук, професор кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки Державного університету інформаційно комунікаційних технологій

на засіданні «28» серпня 2024 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки Прищенку Олександру Андрійовичу на підставі публічного захисту дисертації «Використання надширокосмугових електромагнітних хвиль та штучного інтелекту для виявлення металевих та діелектричних підповерхневих об'єктів» за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.

Дисертацію виконано у Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна, м. Харків.

Науковий керівник Думін Олександр Миколайович, доктор фізико-математичних наук, доцент кафедри прикладної електродинаміки, науковий співробітник кафедри фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису (наводиться аналіз дисертації щодо дотримання вимог пункту 6 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 року № 44 (зі змінами)).

Здобувач має 4 наукові публікації за темою дисертації, з них 1 стаття у періодичних наукових виданнях інших держав, 3 статті у наукових фахових виданнях України (наводиться аналіз наукових публікацій щодо дотримання вимог пунктів 8, 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії):

1. Pryshchenko Oleksandr, Plakhtii Vadym, Dumin Oleksandr, Pochanin Gennadiy, Ruban Vadym, Capineri Lorenzo, Crawford Fronefield. Implementation of an Artificial Intelligence Approach to GPR Systems for Landmine Detection. Remote Sensing. 2022. Vol. 14. № 17. p. 4421. doi: <https://doi.org/10.3390/rs14174421>
2. Гавриленко Д.І., Думін О.М., Прищенко О.А., Аналітична форма розв'язку для нестационарного електромагнітного поля на границі двох середовищ. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка. 2023. Вип. 37, С. 86–97. doi: <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2021-37-07>
3. Думін О.М., Прищенко О.А., Плахтій В.А., Широкоград Д.В., Почанін Г.П. Порівняння результатів розпізнавання підповерхневого об'єкту штучними нейронними мережами та кореляційним методом. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка. 2020. Вип. 32, С. 25–36. doi: <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2020-32-03>
4. Думін О. М., Прищенко О. А., Плахтій В. А., Почанін Г. П. Виявлення та класифікація наземних мін за допомогою надширококусового радару та штучних нейронних мереж. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка. 2020. Вип. 33. С. 7–19. doi: <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2020-33-01>

У дискусії взяли участь (голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні) та висловили зауваження:

1. Шульга С. М., доктор фізико-математичних наук, професор, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, декан факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем, Голова разової спеціалізованої вченої ради:

1. У розділі 3 не достатньо висвітлено процес навчання нейронної мережі із використанням неоднорідної моделі ґрунту. Здобувачу слід більш детально пояснити які моделі були створені для тренувальної та тестувальної вибірки даних.
2. Результати багатопараметричного дослідження третього розділу показали, що аугментація

тренувальних даних штучної нейронної мережі не вплинула на покращення розпізнавання прихованого об'єкту. Здобувачу слід пояснити, чому мав місце такий ефект, тому що зазвичай розширення тренувальної вибірки дає позитивні результати у задачах глибокого навчання.

3. У розділі 4 застосовано підхід колективного штучного інтелекту із використанням нейронних мереж другого рівня і однієї мережі першого рівня, що дає фінальну відповідь. Здобувачу слід обґрунтувати вибір саме такого методу серед інших методів ансамблевого навчання.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та обґрунтованість її висновків.

2. Бердник С. Л., доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, в.о. завідувача, професор кафедри фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, рецензент:

4. У розділі 2 проведено теоретичні дослідження модельної задачі опромінення середовища нестационарним електромагнітним полем, створеним апертурним випромінювачем із заданим струмом. При цьому апертура розміщена на границі розподілу середовищ, але кращим наближенням до реального процесу опромінення ґрунту було б розташування апертури на деякій відстані.
5. У підрозділі 3.1 не наведено значення діелектричної проникності й провідності середовища та параметри імпульсного сигналу, при яких проводились дослідження.
6. У дисертаційному дослідженні використовується модель ґрунту, що являє собою діелектрик зі сталим значенням відносної діелектричної проникності, яка дорівнює 9 та провідністю 0,005 См/м. Але реальні ґрунти можуть мати різні значення діелектричної проникності й провідності, тому доцільним було б дослідити вплив зміни цих параметрів на розпізнавання підповерхневих об'єктів.
7. На стор. 116 та стор. 118 є некоректні посилання на Таблицю 1, якої немає в дисертації, натомість дисертація містить одну таблицю з номером 3.5, хоча правильно було б її підписати як Таблиця 3.1.
8. Присутні помилки та описки у тексті: на стор 43, "...падає електромагнітну ТЕ-хвилю...", правильно буде "...падає електромагнітна ТЕ-хвиля..."; на стор. 61, "...на підповерхневому об'єкті", правильно буде "...на підповерхневому об'єкті"; на стор. 62, "Досліджується вплив кроку сканування...", правильно буде "Досліджується вплив кроку сканування..."; на стор. 61, скорочення НШМ замість правильного ШНМ; на стор. 64, вказано Рис.1 замість Рис. 3.1.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку результатів дисертаційної роботи та обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

3. Легенький М. М., доцент кафедри теоретичної радіофізики факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, рецензент:

1. Викликає сумнів твердження на ст. 38 «функція Хевісайда є найзручнішим способом представлення імпульсних нестационарних полів у часовому просторі». Сигнал у вигляді функції Хевісайда має надто протяжний спектр і, через це, застосування такого сигналу в якості збуджувача в методі FDTD призводить до ефекту Гіббса. Окрім того поле у вигляді

функції Хевісайда виглядає нефізичним, бо така часова залежність позначає існування сталого поля протягом нескінченного часу, що фізично є еквівалентним до переносу нескінченної кількості заряду. Найзручнішим способом представлення імпульсних нестационарних полів у часовій області виглядає застосування функції Гауса або її похідної (для отримання біполярного сигналу), похідних та добутку на якийсь високочастотний сигнал. Спектр функції Гауса також представляє собою функцію Гауса від частоти і є обмеженим. Саме така часова залежність часто застосовується у методі FDTD.

2. Проголошується, що розв'язок для електромагнітного поля в середовищі при взаємодії імпульсної хвилі створеної апертурним випромінювачем з його границею має властивості "електромагнітного снаряду", але не досліджено детально зазначений ефект.
3. В загальному вигляді закон збереження енергії електромагнітного поля (теорема Умова-Пойнтинга) окрім вектора Пойнтинга містить також зміну густини енергії електромагнітного поля та потужність втрат, тому потребує деталізації отримання першої формули на ст. 57.
4. В другому розділі описано взаємодію імпульсної хвилі, створеної апертурним випромінювачем із границею розділу діелектричного середовища без втрат, натомість, для реальних умов використання радарів для пошуку підповерхневих об'єктів грунт має втрати і доречним було б це врахувати. Слід зазначити, що розв'язок задачі дифракції імпульсної хвилі на границі діелектрика із втратами в хвилеводі методом еволюційних рівнянь отримано, наприклад у роботах doi: 10.1109/MMET.2004.1397025 та doi:10.2528/PIERB09050703 .
5. Слід детальніше описати отримання другого та наступних наближень до задачі про дифракцію імпульсної хвилі на діелектричній площині, про згадується в кінці 2-го розділу.
6. Не зрозуміло, що представляють собою елементи матриці W на ст. 78, яка використовується для доповнення вхідних даних для ШНМ в межах підходу дискретної томографії.
7. Починаючи з параграфу 3.1.2 в дисертації наводяться відстань до поверхневого об'єкту дискретизовано з кроком 1 см. При цьому не зрозуміло чому визначається дискретизована відстань від поверхні до об'єкта, а не робиться спроба «порахувати» цю відстань, та чи завжди класифікується відсутність об'єкта взагалі або його наявність на більшій відстані.
8. Викликає подив часове вікно, зображене на Рис. 3.28, через те, що воно розпочинається всередині першого імпульсу при ненульовому його значенні близько 3-4 нс. У випадку, якщо розглядати зелену криву, як окремий сигнал, то цей сигнал буде розпочинатися зі стрибка.
9. У параграфі 4.1.2 йде мова збільшення інформаційної складової для сигналів, отриманих у різних антенах радару. З урахуванням того, що антен 4, існує 6 варіантів додати два сигнали і 6 їх варіантів відняти (а якщо враховувати порядок віднімання, то 12). Але мова йде лише про шість необхідних і можливих комбінацій початкових сигналів, які і зображено на Рис. 4.3. Вибір саме таких комбінацій потребує детальнішого пояснення.
10. У параграфі 4.1.3 вказано: «Було вирішено тренувати ШНМ на трьох їх можливих станах відповідно: відкрита бляшанка без кришки (can1, can4), бляшанка з відкритою кришкою (can2, can5), порожниста бляшанка із закритою кришкою, яка утворює майже кільцеву щілину (can3, can6).» Із тексту дисертації не зрозуміло чим відрізняються один від одного стани can1 та can4, або can2 та can5, або can3 та can6.
11. Використання як вхідних даних для ШНМ дискретів часової форми відбитого від підповерхневого об'єкту сигнала звісно виглядає найлогічнішим підходом до виявлення інформації, що міститься в цьому сигналі. Але при цьому важливо не забувати про те, що у відповідності до теореми Віттекера — Найквіста — Котельникова — Шеннона, смуга спектру, в якій зазначений сигнал може бути таким чином коректно представлено, залежить від часового кроку та часового інтервалу сигналу, що аналізується.
12. В роботі детально проаналізовано можливості застосування ШНМ до розв'язання задачі про виявлення та класифікацію підповерхневих об'єктів. Розглядаються різні доповнення до звичних ШНМ, таких як метод дискретної томографії для доповнення вхідних даних та

- використання ансамблю ШНМ. Хотілося б щоб автор також приділив більше уваги фізичним результатам, які вдалося отримати із використанням зазначеного підходу.
13. Формули (2.1) потребують деталізації залежностей величин праворуч від знаку рівності.
 14. В роботі зустрічаються дві формули з номером (2.14): на ст. 56 та на ст. 57. При цьому не зрозуміло, що позначає зірочка в другій із цих формул.
 15. На ст. 85 використовується незрозумілий термін «відбиття гіперболічного типу».
 16. В роботі зустрічаються граматичні, лексичні та мовленнєві помилки. Зокрема, в пункті 5 на сторінці 6 пропущено слово «визначення» («точність визначення місця розташування об'єкту» замість «точність місця розташування об'єкту»). Метод скінченних різниць в часовій області (FDTD) на сторінці 6 розшифровано, як метод кінцевих різниць, а на 30 сторінці, як метод скінченних різниць у часовому просторі. На сторінці 29 пропущено апостроф в слові «з'являється». В меті і задачах дослідження на сторінці 29 коректніше писати «границя розділу матеріальних середовищ» замість «межа розподілу матеріальних середовищ». Замість терміна «пройдена хвиля» коректніше використовувати «хвиля, що пройшла» (перший абзац на ст. 31). В передостанньому реченні на ст. 39 кома після «в експерименті» не потрібна. В другому реченні на ст. 40 відсутній присудок. У першому реченні в параграфі 2.1.1 замість «Нехай на границю розподілу повітря середовище падає електромагнітну ТЕ-хвилю ...» слід писати «Нехай на границю розділу повітря-середовище падає електромагнітна ТЕ-хвиля ...». Замість словосполучення «гарно спадає» в останньому реченні на ст. 50 краще використовувати «швидко спадає». Замість терміну «стандартні умови» в другому реченні на ст. 51 слід використовувати загальноприйнятий термін «граничні умови». У третьому реченні знизу на ст. 61 замість «... перенаправляти більше 50% випроміненої енергії» слід писати «... перенаправляти до 50% випроміненої енергії». У другому реченні на ст. 75 замість «використовуються одна приймальна антена, в той час як сам об'єкт опромінюється у стабільних умовах» повинно бути «використовується одна приймальна антена, в той час як сам об'єкт опромінюється у стабільних умовах». У другому реченні на ст. 79 замість «враховується менше» повинно бути «враховуються менше». У підпису до Рис 3.11 замість «частки потрібних даних, потрібних томографічного підходу» повинно бути «частки даних, потрібних для томографічного підходу». У передостанньому реченні на ст. 83 замість «інформативна частину» повинно бути «інформативна частина». У першому реченні в параграфі 3.3.3 замість «на яке ШНМ не було вивчено» повинно бути «на яке ШНМ не було навчено». На сторінці 89 та 118 замість словосполучення «конкатенувати дані» краще використовувати «поєднувати дані». У другому реченні останнього абзацу на ст. 89 замість «збільшений крок» повинно бути «зменшений крок». В останньому рядку на ст. 93 замість «лиже томографічних даних» повинно бути «лише томографічних даних». Всередині ст. 99 замість «тривалість часового вінка» повинно бути «тривалість часового вікна». У п'ятому реченні знизу на ст. 114 замість «модифікувати цільовий вектор для випадків, для випадку відсутності об'єкта» повинно бути «модифікувати цільовий вектор для випадку відсутності об'єкта». У першому реченні другого абзацу знизу на ст. 115 замість «імітації руку» повинно бути «імітації руху». У нижньому реченні на ст. 116 замість «обрається» повинно бути «обирається». У підпису до рис. 3.45 замість «вправо» та «вліво» повинно бути «праворуч» та «ліворуч». У другому реченні передостаннього абзацу на ст. 130 замість «протипіхотної міти» повинно бути «протипіхотної міни». У першому абзаці на ст. 131 є посилання на відсутній в роботі Рис. 1. У третьому реченні на ст. 143 вказано «вирішено вибрати металеву банку з прорізom, утвореним кришкою та корпусом (Рис. 4.14в)», але на Рис. 4.14 зображено не металеву банку, а модель міни ПФМ, та відсутні підпункти. У передостанньому реченні другого абзацу на ст. 159 є посилання на підпункт в відсутнього в роботі рис. 5. У четвертому реченні на ст. 178 замість «поступає на вхідний шар» повинно бути «надходить на вхідний шар».

Зазначені зауваження не впливають на якість отриманих результатів та на обґрунтованість зроблених здобувачем висновків.

4. Залевський Г. С., доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Начальник кафедри озброєння радіотехнічних військ факультету радіотехнічних військ протиповітряної оборони Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, офіційний опонент:

1. Слід зазначити, що у першому розділі стверджується, що найбільш відомим методом, що застосовується для комп'ютерного моделювання функціонування підповерхневих радарів, є метод скінченних різниць у часовій області (Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method). Разом із цим опубліковано цілий ряд робіт (як закордонних, так і українських науковців), у яких для моделювання процесів виявлення та ідентифікації мін, встановлених у ґрунті, застосовуються електродинамічні методи, засновані на розв'язанні поверхневих інтегральних рівнянь. На мою думку здобувачу у даній частині роботи доцільно було б провести порівняльний аналіз переваг і недоліків зазначених двох математичних методів.
2. Слід відзначити, що процес отримання рівнянь у другому розділі дисертації мав би бути поясненим більш детально. Текст розділу має деякі неточності. Зокрема рис. 2.7 (с. 56) знаходиться раніше у тексті, ніж посилання на нього (с. 57). У тексті не вказано, для яких вхідних даних (кут падіння хвилі на межу поділу, зазвичай діелектрична проникність ґрунту має реальну та уявну частини) та для яких складових поля отримано графік залежності коефіцієнту проходження.
3. Замість останнього абзацу на с. 56 "В кожній точці на границі розділу двох середовищ повинен виконуватися закон збереження енергії, потоки якої описуються векторами Пойнтінга..." доцільно було б написати: "Електромагнітна хвиля, яка розповсюджується через межу поділу діелектричних середовищ, задовольняє рівнянням Максвелла (хвильовому рівнянню), умові випромінювання на нескінченності у будь якій точці напівпросторів, а на межі поділу – граничним умовам".
4. У тексті дисертації доцільно було б більш чітко пояснити зв'язок між результатами, отриманими у 2-му розділі, із дослідженнями, які проводяться далі у 3-му та 4-му розділах. 10.2.
5. У 3-му розділі на с. 68 зазначено, що отримані результати вказують на те, що збільшення відношення сигнал-шум призводить до монотонного зростання дисперсії розподілу відповідей щодо положення об'єкту при застосуванні штучної нейронної мережі. Доцільно було б більш детально пояснити цей факт. На практиці у радіолокації підвищення відношення сигнал шум призводить до покращення показників якості виявлення, вимірювання та розпізнавання об'єктів.
6. При розрахунках у розділах 3 та 4 прийнято модель ґрунту із діелектричною проникністю та питомою провідністю, які не залежать від частоти, у той час, як реальним ґрунтам притаманна достатньо висока дисперсія.

Зазначені зауваження не знижують загальну позитивну оцінку роботи.

5. Кузнецов О.О., професор, доктор технічних наук, професор кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки Державного університету інформаційно комунікаційних технологій, офіційний опонент:

1. У другому розділі бажано було б більш детально описати фізичний зміст отриманих аналітичних виразів для нестационарних полів.
2. У третьому розділі доцільно було б провести порівняння ефективності різних архітектур штучних нейронних мереж для задачі розпізнавання об'єктів.
3. У четвертому розділі варто було б дослідити вплив різних типів ґрунту на якість розпізнавання об'єктів.
4. У роботі недостатньо обґрунтовано вибір конкретних архітектур нейронних мереж. Бажано було б провести порівняльний аналіз ефективності різних архітектур (наприклад, згорткових, рекурентних мереж) для задачі розпізнавання підповерхневих об'єктів.
5. Автор використовує метрику F1 для оцінки якості роботи нейронних мереж, але варто було б розглянути й інші метрики, такі як точність (precision), повнота (recall), AUC-ROC, що могло б дати більш повну картину ефективності моделей.
6. У дисертації не наведено детального опису процесу навчання нейронних мереж - зокрема, інформації про налаштування гіперпараметрів, стратегії регуляризації, методи оптимізації. Ця інформація була б корисною для відтворення результатів.
7. Автор згадує використання техніки розширення даних (data augmentation), але не описує конкретні методи, які були застосовані. Детальний опис цих технік міг би підвищити цінність роботи.
8. У роботі не проведено аналізу стійкості навчених моделей до різних типів шуму та спотворень вхідних даних, що є важливим аспектом для практичного застосування системи.
9. Бажано було б провести абляційне дослідження (ablation study) для визначення внеску різних компонентів запропонованої системи у загальну ефективність розпізнавання.
10. В роботі зустрічаються деякі стилістичні неточності та опіски.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та достовірність її висновків.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Прищенку Олександрю Андрійовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Окрема думка члена разової ради додається (за наявності).

Голова разової спеціалізованої вченої ради



Сергій ШУЛЬГА
(власне ім'я та прізвище)