

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000630

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 24-01-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ХНУ імені В. Н. Каразіна № 0302-Зк/403 від 22.03.2024 р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Плахтій Вадим Анатолійович

2. Vadym Plakhtii

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0442-2716

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 01-03-2024

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 4331

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, 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: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29, 29.35, 29.35.19, 29.35.23

Тема дисертації:

1. Надширокосмугові електромагнітні поля в задачах розпізнавання підповерхневих об'єктів штучними нейронними мережами

2. Ultrawideband Electromagnetic Fields in Problems of Subsurface Recognition Objects by Artificial Neural Networks

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної проблеми – експериментальному та теоретичному дослідженню процесів випромінювання та поширення нестационарних електромагнітних полів у шаруватих середовищах, їх дифракція на підповерхневих об'єктах, прийому відбитих хвиль та розпізнавання цих об'єктів і їхнього місця розташування за допомогою штучних нейронних мереж. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у таких її результатах: 1. Вперше показано, що актуальним значенням ближньої границі дальньої зони є те, що спостерігається в момент проходження тієї частини імпульсу, що має найбільше інформаційне навантаження, найбільшу швидкість зміни в точці прийому. 2. Вперше вдалось докорінним чином покращити формування хвилі у ближній зоні імпульсного випромінювача електричного типу, розташовуючи в ній випромінювач магнітного типу. Перевагою такого комбінованого випромінювача, надширокосмугового аналога антени Клевіна, є ефективне формування в невеликому фізичному об'ємі

імпульсної хвилі з малими післяімпульсними коливаннями без застосування додаткових штучних омичних втрат, що є актуальним для її застосування для різних задач, в тому числі передачі інформації та зондування.

3. Шляхом зшивання компонент поля у часовому просторі вперше вдалося у першому наближенні отримати аналітичні вирази для відбитого поля і поля, що пройшло в середовище. Продемонстрована можливість формування «електромагнітного снаряду» у середовищі, що опромінене імпульсною електромагнітною хвилею надкороткої тривалості.

4. Запропоновано нову методику розрахунку похибки визначення комплексної діелектричної проникності при порівнянні розрахункової та вимірної баз даних.

5. Вперше показано порівнянням ШНМ та методів кореляції для розпізнавання кутів, що штучні нейронні мережі можуть продемонструвати кращу точність, ніж кореляційний підхід. Надійним є використання ШНМ до значення ССШ = 10 дБ та вище і методу взаємної кореляції для ССШ = 20 дБ та вище. Але навіть для ССШ = 0 дБ ШНМ дає коректне розпізнавання кутів після статистичного усереднення результатів класифікації. ШНМ в числовому моделюванні демонструє час розрахунку на три порядки менший, ніж нам потрібно для розрахунку функції взаємної кореляції.

6. Вперше продемонстровано, що застосування шару SoftMax робить відповіді ШНМ більш контрастними в задачах підповерхневого зондування, але призводить до ледве помітних помилок. Застосування методу Dropout в цілому підвищило якість роботи ШНМ для цієї задачі.

7. Вперше визначено, що за наявності білого шуму різного рівня немає достовірних переваг у кінцевих результатах розпізнавання позицій об'єкта для обох підходів ШНМ та взаємної кореляції. Метод взаємної кореляції не потребує синхронізації часу між випромінювачем та приймачем, на відміну від ШНМ, але вимагає значного часу розрахунку, тому є можливість покращити якість класифікації розташування об'єкта, поєднавши ці два підходи.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Отримані вирази для полів у ближній зоні нестационарних випромінювачів мають практичну цінність для радарних систем, де об'єкти досліджень знаходяться в ближній зоні, системах неруйнівного контролю. Ці результати важливі для здоров'я обслуговуючого персоналу радарних та рейкотронних систем.
2. Розроблено методики визначення діелектричної проникності з високою точністю та створено випромінювачі, що важливо для точного визначення локальних неоднорідностей в об'єктах в задачах підповерхневого зондування.
3. Запропоновані в роботі випромінювачі можуть бути використані в бездротових локальних мережах, задачах неруйнівного контролю, моніторингу навколишнього середовища, біології, медицині тощо.
4. Надширокосмуговий комбінований випромінювач Клевіна є практично цінним через те, що маючи відносно малі розміри він ефективно випромінює імпульсні електромагнітні хвилі як одиночна антена, так і як елемент антенної решітки.
5. Практична цінність запропонованого підходу розпізнавання на ШНМ ґрунтується на використанні близького до реального джерела полів з обмеженою енергією, розташованого на невеликій висоті від ґрунту, застосуванням до такого складного для розпізнавання об'єкта, як реальна протипіхотна міна. Значну практичну цінність становить реалізація прямого навчання штучної нейронної мережі на розпізнавання мін з даних експериментальних радарограм, знятих в умовах, близьких до реальних.
6. Практично цікавою є запропонована система позиціонування на імпульсних хвилях через відсутність вимог щодо часової синхронізації передавачів і приймачів та завадостійкість по відношенню до традиційних вузькосмугових систем подавлення.

2. The dissertation is devoted to solving the actual problem, i.e. experimental and theoretical study of the processes of radiation and propagation of transient electromagnetic fields in layered media, their diffraction on subsurface objects, reception of reflected waves and recognition of these objects and their location using artificial neural networks. The scientific novelty of the dissertation is in the following results: 1. For the first time, it is shown that the actual value of the near boundary of the far zone is that observed at the moment of passage of that part of the pulse that has the greatest information load, the greatest rate of change at the receiving point. 2. For the first time, it was possible to radically improve the wave formation in the near-field of the electric impulse radiator by placing the magnetic radiator in it. The advantage of such a combined radiator, an ultra-wideband analog of the Clevin antenna, is the effective formation of a pulse wave with small post-pulse oscillations in a small physical volume without the use of additional artificial ohmic losses, which is relevant for its use in various applications, including information transmission and sensing. 3. By stitching the field components in time space, it

was possible to obtain analytical expressions for the reflected field and the field transmitted into the medium in the first approximation. The possibility of forming an "electromagnetic missile" in the medium irradiated by an ultrashort duration pulsed electromagnetic wave is demonstrated. 4. The new methodology for calculating the error of determining the complex permittivity by comparing the calculated and measured databases is proposed. 5. It is shown for the first time by comparing ANNs and correlation methods for angle recognition that artificial neural networks can demonstrate better accuracy than the correlation approach. It is reliable to use ANNs up to the value of SNR = 10 dB and above and the method of mutual correlation for SNR = 20 dB and above. However, even for the SNR = 0 dB, the ANN provides correct angle recognition after statistical averaging of the classification results. In numerical modeling, the ANN demonstrates the calculation time three orders of magnitude less than we need to calculate the mutual correlation function. 6. For the first time, it was demonstrated that the use of the SoftMax layer makes the ANN responses more contrasting in subsurface sensing tasks, but leads to barely noticeable errors. The use of the Dropout method generally improved the quality of the ANN for this task. 7. For the first time, it was determined that in the presence of white noise of different levels, there are no significant advantages in the final results of object position recognition for both ANN and mutual correlation approaches. The mutual correlation method does not require time synchronization between the transmitter and the receiver, unlike the ANN, but requires significant calculation time, so it is possible to improve the quality of object location classification by combining these two approaches. Practical significance of the results: 1. The obtained expressions for the fields in the near-field of nonstationary radiators are of practical value for radar systems where the objects of study are in the near-field, and non-destructive testing systems. These results are important for the health of the personnel of radar and railgun systems. 2. Methods for determining the dielectric constant with high accuracy have been developed and radiators have been created, which is important for accurate determination of local inhomogeneities in objects in subsurface sensing tasks. 3. The radiators proposed in this work can be used in wireless local area networks, non-destructive testing, environmental monitoring, biology, medicine, etc. 4. The ultra-wideband combined Clewin antenna is practically valuable because of its relatively small size, it effectively radiates pulsed electromagnetic waves both as a single antenna and as an element of an antenna array. 5. The practical value of the proposed ANN recognition approach is based on the use of a source of fields with limited energy close to a real source, located at a low height from the ground, and applied to such a difficult object to recognize as a real anti-personnel mine. Of considerable practical value is the implementation of direct training of an artificial neural network for mine detection from experimental radar data taken in conditions close to real ones. 6. The proposed impulse-wave positioning system is practically interesting because of the absence of requirements for the time synchronization of transmitters and receivers and interference resistance in relation to traditional narrowband suppression systems.

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: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- I. I. Ivanchenko, M. Khruslov, N. Popenko, V. Plakhtii, D. Rönnow, and Y. Shestopalov, "A novel resonance method for determining the complex permittivity of local inclusions in a rectangular waveguide," Measurement Science and Technology, vol. 31, no. 9, p. 097001, Jun. 2020, doi: 10.1088/1361-6501/ab870f.

- I. Ivanchenko, M. Khruslov, N. Popenko, V. Plakhtii, V. Tkach, "Modified cavity perturbation method for highprecision measurements of complex permittivity throughout the Xband," Microwave and Optical Technology Letters, vol. 62, no. 10, pp. 3180–3185, May 2020, doi: 10.1002/mop.32456.
- O. Dumin, V. Plakhtii, O. Prishchenko, D. Shyrokograd, and V. A. Katrich, "Ultrashort impulse radar for detection and classification of objects in layered medium by artificial neural network," Telecommunications and Radio Engineering, vol. 78, no. 19, pp. 1759–1770, 2019, doi: 10.1615/telecomradeng.v78.i19.80.
- Oleksandr Pryshchenko, Vadym Plakhtii, Oleksandr Dumin, Gennadiy Pochanin, Vadym Ruban, Lorenzo Capineri, Fronefield Crawford, "Implementation of an Artificial Intelligence Approach to GPR Systems for Landmine Detection," Remote Sensing, vol. 14, no. 17, p. 4421, Sep. 2022, doi: 10.3390/rs14174421.
- О.М. Думін, В.А. Плахтій, П.Г. Фомін, М.В. Нестеренко, "Надширокосмуговий комбінований вібраторно-щілинний випромінювач типу клевіна" Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка, вип. 32, с. 18–24. 2020, doi: 10.26565/2311-0872-2020-32-02.
- Д.І. Гавриленко, О.М. Думін, В.А. Плахтій, "Аналіз імпульсного електромагнітного поля у часовому просторі на границі розділу двох середовищ" Вісник Харківського національного університету імені імені В. Н. Каразіна. Серія «Радіофізика та електроніка», вип. 35, с. 39–52, 2021, doi: <https://doi.org/10.26565/2311-0872-2021-35-04>.
- О.М. Думін, В.А. Плахтій, І.Д. Персанов, Ш. Као, "Система позиціонування на імпульсних надширокосмугових полях," Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка, вип. 31, с. 36–46, 2019, doi: 10.26565/2311-0872-2019-31-04.
- І. Д. Персанов, О. М. Думін, В. А. Плахтій, О. А. Прищенко, П. Г. Фомін, "Порівняння методів кореляції та штучних нейронних мереж для визначення положення об'єктів за допомогою надширокосмугових полів," Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка, вип. 34, с. 39–47, 2021, doi: 10.26565/2311-0872-2021-34-05.
- О. М. Думін, В. А. Плахтій, О. А. Прищенко, Д. В. Широкоград, "Розпізнавання об'єктів під поверхнею землі при надширокосмуговій радіоінтроскопії за допомогою штучних нейронних мереж," Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка, по. 28, с. 24–29, 2018.
- І.Д. Персанов, О.М. Думін, В.А. Плахтій, Д.В. Широкоград, "Розпізнавання об'єктів під поверхнею ґрунта за допомогою імпульсного опромінювання антеною типу «метелик» та штучної нейронної мережі" Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка, вип. 29, с. 27–34, 2018, doi: 10.26565/2311-0872-2018-29-04.
- О. М. Думін, О. А. Прищенко, В. А. Плахтій, Г. П. Почанін, "Виявлення та класифікація наземних мін за допомогою надширокосмугового радару та штучних нейронних мереж," Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Радіофізика та електроніка, вип. 33, с. 7–19, 2020, doi: 10.26565/2311-0872-2020-33-01.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0114U002585, 0117U004851, 0120U102309

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Думін Олександр Миколайович

2. Oleksandr Dumin

Кваліфікація: д. ф.-м. н., доц., 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5067-9689

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чурюмов Геннадій Іванович

2. Gennadiy Churyumov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4826-510X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харбінський технологічний інститут

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження: район Наньган, вулиця Сідажжи, 92, Харбін, 150001, Китайська Народна Республіка (КНР)

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Фесенко Володимир Іванович

2. Volodymyr Fesenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., пров.н.с., 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9106-0858

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Радіоастрономічний інститут Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 02772020

Місцезнаходження: вул. Мистецтв, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Легенький Максим Миколайович
2. Maxim Legenkiy

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доцент, 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5945-4002

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бердник Сергій Леонідович
2. Sergey Berdnik

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0037-6935

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

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

Шульга Сергій Миколайович

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

Шульга Сергій Миколайович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Шевченко Андрій Олександрович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна